Die Wunder

der

Unsichtbaren Welt

enthüllt durch das Mikroskop.

Eine populäre Darstellung

der durch das Mikroskop erlangten

Aufschlüsse über die Geheimnisse der Natur.

Von

Gustav Jäger,

med. et chir. Dr., Lehrer der Zoologie an der land- und forstwirthschaftlichen Akademie Hohenheim, wirkl., correspondirendem und Ehren-Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Mit 376 Abbildungen in Holzschnitt und einem farbigen Titelbild.

Berlin.

Gustav Hempel.

1867.

Inhalt.

Einleitung.

Erster Theil. Mikroskopische Wesen.

Zweiter Theil. Der Bau der Thiere und Pflanzen.

Dritter Theil. Die Lebensgeschichte der organischen Wesen.

Vierter Theil. Das Mikroskop und sein Gebrauch.



Berlin Verlag v. Gustav Hempel

Lith. Atelier v A Schütze Berlin

Aus dem Leben im Sumpfwasser

c. 200 fach vergrößert.

Es giebt eine unsichtbare Welt,

es giebt ein Reich von unsichtbaren Wesen, dessen Existenz früher nie geahnt worden, und dessen staunenerregende Wunder nur von den Wenigsten gekannt sind.

Allüberall umgeben uns diese unsichtbaren Wesen; Luft und Wasser, Erde und Stein sind von ihnen erfüllt und es giebt nichts Geschaffenes, in dem sie nicht ungesehen walten.

Jahrtausende sind dahingegangen, ohne daß ein sterbliches Auge sie je geschaut, und doch sind es diese Wesen, welche Gebirge und Continente gebaut und die ganze Erdoberfläche umgestaltet haben; sie sind die Ursache von tausend für unerklärbar gehaltenen Vorgängen in der belebten und unbelebten Natur, ja, sie können sogar als die Schöpfer alles Lebens auf Erden angesehen werden.

Die Geheimnisse dieser unsichtbaren Welt dem staunenden Auge des Menschen enthüllt zu haben, ist der großartigste und folgenreichste aller Triumphe, welche die heutige Naturwissenschaft feierte. Dem Menschen ist hierdurch der Schlüssel in die Hand gegeben zur Erklärung der verborgensten Naturvorgänge, die Geheimnisse der Entstehung und

Fortpflanzung, des Wachsens und Vergehens aller Geschöpfe sind dadurch enthüllt und die dunkelsten Räthsel der Natur gelöst.

Daß die Wissenschaft solch' nie geahnte Erfolge erreicht hat, danken wir einzig und allein dem Mikroskop. Nachdem es jetzt gelungen ist, einen Gegenstand 56 Millionen Mal zu vergrößern, hat man eine ganz neue und fremdartige Welt lebender Wesen entdeckt, von Wesen, deren Gestalt von Allem abweicht, was wir bisher gekannt, die weder Thier noch Pflanze, keinem der bekannten Naturreiche angehören.

Man hat Pflanzen entdeckt, welche sich bewegen, ja sogar Pflanzen, welche Thiere gebären.

Man hat Thiere entdeckt, welche Blüthen und Früchte tragen, wie die Pflanzen, und bei denen diese Blüthen abfallen und fortleben als selbstständige Wesen.

Man hat Thiere entdeckt ohne jede Mund- und sonstige Oeffnung, Thiere, die sich zu jeder Zeit und an jeder äußeren Körperstelle einen Magen bilden, wann und wo sie ihn bedürfen.

Man hat Thiere entdeckt, denen es möglich ist, ihre Körpergestalt jeden Augenblick zu verändern, ja selbst Thiere, von denen sich mehrere zu einem einzigen Individuum vereinigen können.

Man hat entdeckt, daß jedes Bröckchen Erde — sei es auch vom Eis des Nordpols oder aus dem Wüstensand — von solch' unsichtbaren und wunderbaren Wesen belebt ist, daß in einem einzigen Wassertropfen sich deren mehr befinden, als die ganze Erde Menschen zählt; man hat diese Geschöpfe entdeckt in jedem Organ des menschlichen und

thierischen Körpers, in Auge, Gehirn, Lunge, Nieren u. s. w., man hat gefunden, daß ihrer allein im menschlichen Munde Millionen wohnen.

Man hat entdeckt, daß ganze Gebirge (Feuerstein, Kalk, Kreide u. s. w.) weiter nichts sind, als die Ueberreste solcher kleinster Wesen, die sich in so unglaublicher Weise vermehren, daß aus einem einzigen Individuum in acht Tagen eine Masse hervorgehen kann, die der ganzen Erde an Größe gleich ist.

Man hat entdeckt, daß die Hefe nichts weiter ist, als Milliarden einer kleinen Pflanze, die im Moment der Hefenbildung sich entwickeln.

Man hat entdeckt, daß viele Krankheiten und Epidemien, die Pest, gelbes Fieber, vielleicht auch die Cholera, mit der Entstehung und Verbreitung bestimmter mikroskopischer Pflanzen oder Thiere zusammenhängen und durch sie erzeugt werden, daß die Kartoffelkrankheit, die Traubenkrankheit, die Krankheiten des Getreides — Brand, Rost, Mutterkorn — nichts weiter sind, als kleine, dem Auge unsichtbare Pilze.

Man hat entdeckt, daß alle Thiere und Pflanzen nichts Anderes sind, als ein Staat aus Milliarden einzelner Körper — der sogenannten Zellen.

Man hat entdeckt, daß das Ei nichts Anderes ist, als Eine solche Zelle, und daß der Thier- und Pflanzenleib aus der Nachkommenschaft dieser Einen Zelle besteht, welche fortwährend sich theilend ihre Jungen erzeugt.

Man hat entdeckt, daß jede solche Zelle gewissermaßen ein selbstständiges Wesen ist und daß es Thiere giebt, deren sämmtliche Zellen plötzlich auseinandergehen, um als Einzelwesen selbstständig fortzuleben.

Müssen wir uns nicht glücklich preisen, daß wir einem Zeitalter angehören, dem solche Enthüllung der tiefsten Naturgeheimnisse vorbehalten war? Und wer wäre so geistesarm und stumpfsinnig, daß er nicht das Verlangen haben sollte, einen Einblick zu erhalten in diese vordem nie geahnte Welt?

Viele, unendlich Viele giebt es, die noch nichts wissen von all' diesen Wundern, von all' den Aufschlüssen, die uns das Mikroskop über das verborgene Leben der Natur geliefert hat.

Ihnen, und jedem Gebildeten muß eine Belehrung über diesen hochwichtigen Gegenstand willkommen sein, und sie werden dieses Buch aus fachkundiger Feder mit Freuden begrüßen.

Alles, was bis jetzt über dieses neu erschlossene Wunderreich des menschlichen Wissens erforscht wurde, hat der Herr Verfasser hier in seiner bekannten klaren, für jeden Laien faßlichen Weise dargestellt; die fremdartigen Geschöpfe der neu entdeckten Welt werden dem Leser in zahlreichen, naturgetreuen Abbildungen vorgeführt, und es ist so auch dem Nichtgelehrten der Blick in das Reich des Unsichtbaren eröffnet.

Der Freund der Erkenntniß findet hier über den Urquell alles Lebens und über die geheime Werkstätte der Natur Aufklärungen, die ihn zu staunender Bewunderung hinreißen werden.

Die Verlagshandlung.

Das Mikroskop im Dienste des Menschen.

Wer hätte es vor wenigen Decennien geglaubt, wenn man ihm gesagt hätte: Sieh, dort in jenem schüchternen Männlein, welches dahin schreitet im abgetragenen Gewande, die ermüdeten Augen mit der Brille bedeckt, ängstlich jedem ausweichend, der ihm begegnet, steckt ein Welteroberer. Hinter seinen Büchern, seinen Apparaten, seinen Kisten und Kästen vergraben, wo es aus stillem Winkel den Lauf der Sterne beguckt, die Käfer und Schmetterlinge auf Nadeln spießt, im Wasser nach Geschöpfen sucht, nicht größer, als daß eine Million in einem Wassertropfen Platz hat, war es ein Bild des Sonderlings, des Misanthropen; es erinnerte an jene Alchemisten, die ihr Thun und Treiben mit dem Schleier undurchdringlichen Geheimnisses umgaben, geschieden von aller Welt, nur sich selbst lebend und ihrem Wissen, und keinen anderen Zweck vor Augen als ihr Wissen eifersüchtig zu hüten, wie der Drache den Schatz.

Das war der Naturforscher der alten Zeit. Er hielt es für unter seiner Würde, vor anderen Leuten zu sprechen als vor seinesgleichen, er hielt es für Profanation, Laien in die Geheimnisse seines Wissens auch nur einen Blick thun zu lassen.

Und heut zu Tage? Was ist aus der Wissenschaft geworden, aus diesem verlachten Sonderling, der, um dem Spott zu entgehen,

Geheimnißkrämer werden mußte? Er ist auf den Markt gegangen, er hat die Rednertribune des Forums bestiegen, aus dem kleinen scheuen Männlein ist ein ritterlicher Held geworden, in der einen Hand die Fahne der Wahrheit, in der anderen das Schwert des Scharfsinnes und auf der Zunge die Waffe der Beredsamkeit: so tritt er heraus und nimmt den Kampf auf mit Jedermann, den Kampf gegen Vorurtheil und Selbstüberhebung.

Wer hätte es geglaubt, zur Zeit als Götze seine „Gemüths- und Augenergötzungen", und Rössel, der unermüdliche talentvolle Maler, seine Insectenbelustigungen schrieb, die heut zu Tage nur in den Bibliotheken der Fürsten und Universitäten zu finden sind, daß einst die Zeit kommen werde, wo hinab bis in die Hütte neben der Bibel eine andere liegt, die Bibel der Natur, jene heilige Schrift, mit der Gottes Finger selbst das schönste Werk seiner Hände, unsere Erde, beschrieb? Wer hätte es geglaubt, daß wenige Jahrzehnte vergehen würden, bis sich die Naturwissenschaften in Schrift und Wort hinaufgearbeitet zum täglichen Bedürfnisse des gebildeten Menschen? Wer hätte es geglaubt, zur Zeit als die Dichtkunst es war, die die Tafel des Gebildeten besetzte, daß dermaleinst die Zeit kommen würde, wo neben Schiller und Göthe Humboldt's Kosmos auf der Bücherspinde steht und um ihn sich eben so viele populär-naturwissenschaftliche Werke reihen, als es kleinere Dichter neben jenen Größen giebt?

Hat früher der Dichter gesungen von Feld und Wald, von Baum und Strauch, von dem Gras, das der Erde entsprießt, von dem Vogel, der durch die Lüfte eilt; sang er von der Sterne Flimmern, vom Glanz der Sonne, vom Licht des Mondes, von Sturm und Eis; klang aus seiner Leier der Gesang des Vogels, das Flüstern der Blätter im Winde, das Murmeln der Quelle; an was erinnert uns das? An die glückliche Zeit unserer Jugend, wo Alles, was uns umgiebt, Himmel und Erde und was zwischen ihr ist, für uns nur Spielzeug ist, nur Augen- und Gemüthsergötzung, Sinnengenuß, wo Alles geschaffen ist, nur um uns zu freuen daran und

zu spielen mit ihm. Aber jetzt ist das Menschengeschlecht mit seiner Spitze eingedrungen in die Zeit des Mannesalters, wo das Spiel aufhört, wo ein anderes Bedürfniß sich einstellt, das des Verständnisses, wo man fragt: wie und warum? wo der vorübergehende Rausch der Sinne, und sei er noch so schön, nicht mehr befriedigt, wo man sich nicht mehr hinwegsingt über die Schwierigkeiten des Lebens, wo man zur Ueberzeugung gelangt, daß nur der den Kampf um's Dasein zu führen weiß, der das Dasein und seine Bedingungen, seine eigene Natur und die, die ihn umgiebt, versteht.

Sonderbar, es giebt heut zu Tage fast kein Gebiet des menschlichen Wissens, das nicht seinen Dichter im Sinne der Naturforschung gefunden hätte; der Himmel und die Erde, Pflanze und Thier, alles hat eine reiche Literatur dem Gebildeten erschlossen, nicht mehr Geheimniß ist das Wissen von ihnen, es liegt offen da, handlich für Jedermann, und doch haben wir uns einer Art von Impietät schuldig gemacht. Wer ist es, dem wir all' das Wissen von dem, was auf Erden sich regt, verdanken? Was ist die Waffe, mit der wir eingedrungen sind in die innersten Geheimnisse alles Lebens? Wer hat uns die Räthsel erschlossen, die der Schöpfer unserem Verstande vorgelegt? Kein anderes Ding war es als das Mikroskop, ein Ding, das ein großer Naturforscher mit Recht unseren sechsten Sinn nennt.

Und ist es nicht eine Art von Impietät, daß wir diesem wunderbaren Instrumente, dem die Naturforschung die wichtigsten Dinge ihres heutigen Wissens verdankt, in der reichen populären Literatur unserer deutschen Sprache kaum ein paar Büchlein gewidmet, daß wir nur so stiefmütterlich nebenher von ihm reden, als wäre es nicht werth, es selbst eigentlich zu betrachten und vor aller Welt einen Lobgesang anzustimmen zu seinem Preise und ihm ein Monument zu errichten, weithin sichtbar für Jedermann.

Wir Menschen sind überhaupt ein sonderbares Geschlecht, das Niemanden leichter vergißt, als seine besten Wohlthäter. Heut zu Tage setzen wir unseren Dichtern, den Helden im Völkerkampfe Mo-

numente, aber gar zu gern vergißt man jene bescheidenen Leutchen, die daheim in ihrer Klause die Erfindungen machten, an denen wir nun Generationen lang zehren, mit denen wir den Boden erschlossen, auf dem all' unser Wissen und Können wächst und lebt. Kaum wissen wir oft, wie der Mann geheißen, der die Dinge erfand, die heute in Jedermanns Hand sind.

Aber die Geschichte ist das Weltgericht, sagt ein altes Sprüchwort, und mit der Zeit kommt doch Alles zu Ehren, was menschlicher Scharfsinn geleistet, freilich oft lange erst, wenn des Erfinders Gebeine nahezu präadamitisch geworden. Und Niemand rächt sich schneller, Niemand lacht schließlich am besten, als gerade die Natur und die Naturforschung, und der Schalksnarr spielt bei solchen Dingen oft eben so wie bei unserer Menschengeschichte in anderen Dingen. Wer ist es denn, der jetzt so plötzlich die Leute an ein Instrument erinnert, das sie noch vor Kurzem für eine harmlose Gemüths- und Augenergötzung einiger Sonderlinge hielten, bei dessen Anblick sie mitleidig lächelnd den Kopf schüttelten und bei sich dachten, wenn sie es auch nicht auszusprechen wagten: wie kann man denn doch so ein Sündengeld ausgeben, um Infusorien zu begucken? — Ein winzig kleines Würmchen ist es, das zwar nicht der Teufel gebracht, sondern wahrscheinlich unsere liebe Wanderratte, als sie mit den Kosaken des russischen Heeres Deutschland eroberte. Dieses Geschöpf, das heute durch alle Blätter geht, das einem Früh und Abends in das Essen gespuckt wird und uns den Appetit an unserem schönsten Fleische nimmt, — Du weißt wohl schon, lieber Leser, was ich meine, — die Trichine ist es, die jetzt auf einmal das Mikroskop zu Ehren bringt.

So war auch der Heronsball eine Spielerei der Alchemisten und Physiker zu Ende des vorigen Jahrhunderts, und auf einmal, da ist aus der Spielerei eine gewaltige Waffe geworden, um unser Geschlecht auszudehnen über die ganze Erde. Als Dampfmaschine trägt es uns durch alle Meere, auf allen Strömen, es pflügt unser Feld, es drischt unser Korn, es schwingt den Hammer von tausend Centner

Gewicht. Wie lange war die mit dem Fuchsschwanze aus der Harzscheibe gepeitschte Elektricität ein Spiel, blos gemacht, um vor großen und kleinen Kindern Figuren aus Stoppelholz tanzen zu lassen? Und heute ist es unsere rechte Hand geworden, mit der wir über Hunderte von Meilen greifen, mit der wir allgegenwärtig sind in einer Weise, wie man sich's vor Alters nur von unserem Schöpfer träumen ließ.

Noch ein Paar Fälle wie der mit den Trichinen — und mit einem Male kommt ein Werkzeug, dessen die Naturforschung sich schon längst bedient, der sie all' ihr Wissen auf dem Gebiete des Lebens verdankt, in Aller Hände, wird geläufig werden wie Brille und Loupe. Die Zahl der mikroskopischen Feinde unseres Geschlechtes und der mikroskopischen Feinde unserer Nahrungsmittel ist schon beträchtlich genug, es darf nicht mehr viel dazu kommen, und jeder Gebildete, wenn er auch noch eine Zeit lang mit dem Postwagen neben der Eisenbahn herfährt, wird nicht blos schließlich das Mikroskop ehren und achten als einen der mächtigsten Förderer unseres Wissens und Könnens, es wird ihm das werden, was es längst zu sein verdient, ein lieber und unentbehrlicher Hausgenosse, dem er manchen Genuß verdanken wird und viel Vergnügen.

Ich muß lachen, wenn ich daran denke, als der erste Trichinenspectakel losging, da trat ich mit einer Art von innigem Vergnügen an mein schönes Plößl'sches Mikroskop; es kam mir ordentlich vor, als ob es heute blanker aussähe und leuchte vor Freude, es war mir, als spürte ich, wie es zu Ehren gekommen auf einmal in weiten Kreisen und ich selbst dachte mir: Siehst Du, mein lieber Bursche, aus uns wird vielleicht doch noch was, es wird doch noch eine Zeit kommen, wo man uns nicht mehr begafft wie Seiltänzer und Taschenspieler und uns Thier- und Pflanzenfexen schilt, die nichts Gescheiteres zu thun wissen, als unserem Herrgott den Tag abstehlen mit Schnackenfangen, Flöhezergliedern und Pflanzenzerschneiden.

Es ist nicht zu leugnen, noch so ziemlich bis auf den heutigen

Tag ist unter allen Zweigen der Naturforschung der, welcher sich mit dem organischen Leben, mit Thier- und Pflanzenreich beschäftigt, das Aschenbrödel unter allen; man brauchte es nur dazu, um der Medizin die Schuhe zu sohlen und den Rock anzumessen. Der Astronom, der Mathematiker, der Geognost, der Physiker, sie alle hatten schon einen ebenbürtigen Rang unter den Koryphäen des Geistes erobert, nur den Zoologen und Botaniker, den Thier- und Pflanzenanatomen, die Physiologen, sie ließ man nur so nebenher gehen, weil sie doch auch mit vom Fache waren, ihrer selbst wegen geschah es nicht. Aber immer mehr kommt auch für diesen Zweig des Wissens seine Zeit, immer mehr wächst das Verständniß des Forschers für das organische Leben und in dem Maße, als es wächst, greift er immer mehr und entscheidender ein in die Existenzbedingungen unserer selbst, er erobert sich Lehrkanzel um Lehrkanzel, immer gewichtiger wird seine Rede, wo es sich um die Interessen des Menschengeschlechtes handelt. Und was ist es, was ihm diese Stellung erringen hilft, was ist das Instrument, dem er sein eigenes Wissen verdankt, das ihn befähigt, einzugreifen in das Getriebe der menschlichen Gesellschaft? Kein anderes Instrument als das Mikroskop, das ist die Klinge, die er führt, mit der er die Achtung seiner Gegner erringt, das ist die Waffe, mit der er den Aberglauben aus der letzten festen Position vertreibt, nachdem Astronomie, Physik, Geognosie, Geologie und Paläontologie längst die Außenwerke gestürmt. Einem Galilei, einem Herschel, einem Newton, einem Keppler setzte man Denkmale; aber dereinst wird die Zeit kommen, wo man auch einmal denken wird an jene zwei Middelburger Brillenschleifer, und ein Denkmal setzen wird Vater und Sohn Hans und Zacharias Janssen, den Erfindern des Mikroskops.

Einleitung.

I.

Das Mikroskop als Räthsellöser.

Was war Thier und Pflanze, bevor wir das Mikroskop besaßen? Eine Hieroglyphenschrift ohne Schlüssel, ein Buch, das wir nicht lesen konnten, weil wir die Buchstaben nicht verstanden. Du würdest mir vielleicht einwenden: „Wir haben ja doch die Thiere und Pflanzen gesehen mit unserem Auge auch ohne Mikroskop, wir haben sie zu Tausenden kennen gelernt, untersucht, ihre Eingeweide entziffert, sind hinter wichtige Lebensverrichtungen gekommen ohne das Mikroskop." Lieber Leser, da kommst Du mir gerade so vor, wie Jemand, der ein Buch nach seinem Einbande, seiner Höhe und Breite, Länge und Dicke beurtheilt, für den ein Buch nicht mehr ist als so und so viel Pfund Papier, geschickt dazu, um einen Kasten auszufüllen oder Käse in seine Blätter zu wickeln. Ein Thier, eine Pflanze ist nicht anders wie ein Buch, da kommt es nicht an auf den Einband, auf die Größe, Dicke, Gewicht, auf Farbe und Umschlag. Was sind die Buchstaben, aus denen ein solches Wesen besteht, ohne deren Kenntniß man es nicht versteht, nicht begreift? Die Zellen sind es, aus denen es zusammengesetzt ist, und glaube nur ja nicht, daß diese Buchstaben des Thier- und Pflanzenleibs, diese Zellen, in ihm zusammengewürfelt sind, wie die Typen in einem Setzerkasten. Nein, das zieht sich Alles zusammen zu Silben, Worten, Sätzen und Gedanken, da baut sich auf aus den Zellen das Haar und die Feder, der Nagel und die Klaue, das Blutgefäß, Sehne und Nerv, Muskel

und Knochen, Gehirn und Drüse — Alles gefugt so streng und scharf, so mannigfaltig und doch so nach einem Gedanken, wie der Inhalt des vollendetsten Buches.

Und Du glaubst, Du könnest das Buch verstehen, Du könnest es lesen, wenn das Alphabet Dir unbekannt ist, wenn Du kein Auge hast, um die Buchstaben zu erblicken, aus denen es zusammengefügt ist? Und wer hat Dir das gezeigt, wer lehrt Dich es heute noch erblicken? Dein sechster Sinn, das Mikroskop. Das Instrument war der Schlüssel für die Hieroglyphenschrift der Natur, mit ihm bewaffnet entziffern wir die vollendetsten Bauwerke, die die Kraft der Natur im Laufe der Entwicklung unseres Erdkörpers hervorgebracht, die Blüthen der Schöpfung. Und warum ist das Mikroskop der Entzifferer? Eben weil es den Baustein alles Lebenden, die Zelle, entdeckt. Was ist die Grundbedingung alles Verständnisses einer Sache? Das Wissen von den Theilen des Ganzen. So wenig man eine Rechnung versteht ohne die Ziffern zu kennen, so unmöglich ist die Erkenntniß eines Thieres, einer Pflanze ohne das Wissen von der Zelle, von diesem Gebilde, das nur in den wenigsten Fällen eine Größe erreicht, die es für das bloße Auge faßbar macht, das meist weit hinter der Grenze unserer Sehkraft liegt.

Ich weiß eigentlich nicht recht, wie ich es anfangen soll, um eine Trophäe des Mikroskops aufzubauen. Wie soll ich nur in der Kürze all' das unendliche Material zusammen aufthürmen, um gleich bei Beginn meines Buches eine genügende Vorstellung von dem weitgreifenden Einflusse dieses Instruments auf unser Wissen zu geben? Wir Menschen sind ungeduldig, wir wollen gleich etwas fertig haben, es langweilt uns, zu sehen, wie erst umständlich ein tiefes Fundament gegraben, Stein auf Stein gethürmt, wie der breite Sockel gelegt wird, wie der Monolith sich erhebt, wie Stück um Stück des Standbildes gegossen wird, das ihn krönen soll. Mein ganzes Buch soll ein Monument des Mikroskops sein, und damit Du schon beim Anfange eine ohngefähre Idee von dem Ganzen erhältst, werde ich es machen wie der Künstler, der die Brodkrume nimmt und ein

Bildchen modellirt, klein zwar und skizzenhaft, aber doch so, daß Du Dich freuest auf das Ganze, wenn es ausgebaut dasteht vor Dir. Ich will es versuchen, ich will von Allem ein Steinchen nehmen, ein Mosaikbildchen daraus bauen, einfach, mit einem Mal überlesbar und übersehbar, damit Du gleich von vornherein verstehst, warum ich sagen konnte, das Mikroskop ist der Räthsellöser der Natur.

II.

Das Mikroskop erschließt eine neue Welt von Wesen.

Wer, ohne das Mikroskop zur Hand zu nehmen, die Erde durchwandelt, der sieht den Vogel in der Luft, das Wild im Walde, das Insect im Grase, den Fisch im Wasser, den Wurm im Boden, aber was er nicht sieht, was ihm erst das Mikroskop erschloß, das ist jene Welt des Kleinen, welche in Legionen von Individuen Luft und Wasser und Erde erfüllt. Was ist der Staub in der Luft? Es sind Heerschaaren von Pflanzenkeimen, von Pflanzensporen, von einzelligen Pflanzen, von Infusorienkeimen, von Thier- und Pflanzenzellen der mannigfachsten Art, sie sind es, die Dich umwirbeln, die Du einathmest. Du begreifst jetzt die Allgegenwart des organischen Lebens, Du siehst, wie es überall da sein muß, wo die Bedingungen seiner Existenz vorhanden sind, wie die Keime in der Luft schweben als Sonnenstäubchen, vom Winde getragen auf größere Distanzen, als der Fittig den Vogel trägt, und Du wunderst Dich nicht mehr, daß Alles von der Spitze des Gletschers herab bis in die Tiefen des Oceans besetzt ist mit organischem Leben. Nimm den Tropfen Wasser und lege ihn unter's Mikroskop; welches Getümmel entfaltet sich Dir! Zu Tausenden schießen sie durcheinander alle die mikroskopischen Thiere, besetzt mit ihren Wimperhaaren; das Staubhäutchen, das die Wasserpflanze überzieht wie der Rost das Eisen, was ist es? Ein Teppich aus Millionen von mikroskopischen Geschöpfen. Hole

den Schlamm herauf aus der Tiefe des Meeres, wo Du kein lebendes Wesen mehr vermuthest, wo Du glaubst, nur hinabgesunkenes zu Staub zermahlenes Gestein sei es, das sie füllt: was entfaltet sich unter dem Mikroskop vor Dir? Eine reiche Welt mikroskopischer Schalthiere, so einfach gebaut wie die Zelle. Hast Du jemals die Kreidefelsen gesehen, welche Englands Küste einsäumen gleich einer Festungsmauer? Breche ein Stäubchen davon, bringe es unter das Mikroskop und Du wirst mit Staunen gewahr, daß unsagbare Zahlen mikroskopischer Schälchen von Thieren es sind, die diese meilenlangen Gestade auf Hunderte von Fuß Höhe aufbauen. Auf quadratmeilengroße Flächen ist der ganze Erdboden in einer Mächtigkeit von vielen Klaftern zusammengesetzt aus den Kieselschalen mikroskopischer Geschöpfe, die als Trippel von der Technik zum Schleifen verwendet werden — kurz, wohin Du Dich begiebst mit Deinem Mikroskop, lege darunter was Du willst, Du wirst nie lange zu suchen haben, so wird sich Dir eine reiche Welt von mikroskopischen Wesen des Thier- und Pflanzenreiches entfalten, ausgedehnter, mächtiger, an Masse und Zahl nicht zu reden, als alle Geschöpfe, die Dein bloßes Auge erblickt. Eine ganz neue Welt hat Dir das Mikroskop erschlossen, eine Welt freilich klein in ihren Elementen, aber mächtig, kolossal durch ihre Zahl, durch ihre Ausdehnung, und kein Jahr vergeht, wo nicht diese oder jene mächtige Bildung unseres Erdkörpers unter der durchdringenden Macht des Mikroskops sich auflöst in ein Bauwerk von mikroskopischen Thieren oder Pflanzen. Es ist eigen, daß gerade diese kleinen Thiere, die oft kaum den fünfhundertsten Theil einer Linie messen, einen weit größeren Einfluß auf den Aufbau unserer Erdrinde geübt haben, ausgedehnter Lagen und Schichten, ganze Gebirgsarten gebildet haben, als alle die großen, dem bloßen Auge zugänglichen hochorganisirten Wesen. Wohl finden wir ausgedehnte Korallenbänke, die viele Meilen lange Klippenketten aufgebaut haben, wir finden Muschel- und Knochenlager von beträchtlicher Größe, mächtig genug um geologische Formationen zusammenzusetzen, aber die mächtigsten Lager sind aufgebaut durch die mikroskopischen Wesen.

Und betrachten wir den Haushalt der Natur, wie eines durch das andere bestimmt und erhalten wird, wie eins vom anderen lebt: was ist die Basis alles Lebens, was ist im großen Haushalte der Natur das, was im menschlichen Staate der Bauer ist, der Urproducent, der, der uns Brod und Fleisch liefert? Wer ist es anders als die mikroskopischen Thiere und Pflanzen, die Alles durchdringen, die Futter sind für Alles, Existenzbedingung für alle höheren Geschöpfe an der großen Pyramide, die die Natur aufgeführt hat, auf deren Spitze der Mensch



Fig. 1.

steht. Wer ist die Basis? Die Infusorien, jene mikroskopischen Geschöpfe, die Alles durchdringen, allgegenwärtig wie der Schöpfer, und von deren sonderbarer Gestalt Dir die vorstehend abgebildeten drei einen Begriff geben. Wovon leben die zahlreichen Embryonen der Wassergeschöpfe? Von dem Infusorien-Gewimmel, das sie umgiebt, das sie mit ihren Flimmerhaaren in ihren Mund hineinwimpern, um Material für Wachsthum und Leben zu erhalten, indeß sie selbst wieder eine Speise bilden für die höheren Geschöpfe und man mag Verhältnisse im organischen Leben nehmen, welche man immer will, so sind es die mikroskopischen Wesen, welche die Grundlage legen.

Schaffe eine neue Existenzbedingung für organisches Leben, bringe mitten in die todte Wüste einen Wasserbehälter, — denn das Wasser ist nächst der Luft die Grundbedingung für alles Leben, — was ist es, was zuerst sich ansiedelt, die Stätte für höheres Leben vorbereitet? Mikroskopische Algen und Infusorien sind es, deren Keime die Luft daherbringt, die lösend und zerbrechend wirken auf die mineralischen Stoffe, die lösende Kohlensäure ausscheiden, um

Leben freizumachen und vorzubereiten. Und wo das organische Leben erstirbt, wenn die lebengebende Wärme herabsinkt unter den Gefrierpunkt, auf dem Eis des Gletschers, auf dem Firnschnee, was ist die Nachhut des organischen Lebens, sowie es im Laufe über die Erde die Vorhut bildet? Mikroskopische Thiere und Pflanzen sind es, die diese Regionen noch bevölkern, wo kein anderes Leben mehr gedeiht.

Das Wissen der früheren Zeit, der Zeit, ehe das Mikroskop in die Hände des Naturforschers gelangte, kommt mir vor, als wenn Jemand die Spitze eines Berges erblickt, dessen Fuß von Nebel verhüllt ist. Das Mikroskop war das Instrument, das den Nebel zerstreute, das uns die Basis alles organischen Lebens erschloß und zwar nicht blos die Basis des heutigen Lebens, die Basis, auf der heute noch alles Thier- und Pflanzenleben ruht, von dem es sich ernährt, durch das es sich erhält, auch die Basis, aus der es entstand. Gerade so wie heut zu Tage die mikroskopischen Thiere und Pflanzen diejenigen sind, die zuerst erscheinen und zuletzt verschwinden, die am meisten in alle Verhältnisse hineinpassen, die noch ihr Auskommen finden, wo kein anderes Geschöpf mehr die Bedingungen seiner Existenz findet, so müssen sie auch in der Entwicklung unseres Erdkörpers die ersten gewesen sein, sie müssen erschienen sein, lange bevor es für die höheren mit bloßem Auge sichtbaren Organismen möglich war, auf unserer Erdoberfläche ihr Leben zu fristen, ihr Dasein zu finden.

Was ist es also, das uns schließlich das Mikroskop gelehrt hat, als es uns die Welt des Kleinen erschloß? Es ist einmal das Verständniß des organischen Haushaltes, der Lebensbedingungen der Geschöpfe und für's zweite, indem es das that, erschloß uns auch das Mikroskop die Entstehungsbedingungen, die Entstehungsformen alles Lebens, es hat uns gelehrt, daß die Geschöpfe, die nur mit ihm sichtbar sind, die ersten Wesen waren, die unsere Erde bevölkerten, die Wesen, aus denen alle anderen sich entwickelt haben im Laufe der Generationen. Und so war das Mikroskop das Instrument, welches uns das größte Räthsel löste, das R ä t h s e l d e r E n t s t e h u n g d e s L e b e n s.

III.

Der Baustein der lebenden Wesen entdeckt durch das Mikroskop.

Es war ein sonderbar ausgedrückter aber prophetisch wahrer Gedanke Oken's, der Leib der höheren Thiere sei aus Infusorien zusammengesetzt. Was ist das Infusorium, was sind alle die mikroskopischen Wesen, von denen ich im vorigen Abschnitte sprach, die alle Gewässer füllen, die als Keim durch die Luft fliegen, was sind sie anderes als eine Zelle. Und aus was sind die höheren Thiere gebaut? Aus Zellen. In diesem Sinne hat Oken Recht, obwohl erst lange nach ihm der Botaniker Schwann die Sache genauer feststellte und so die Formel gab, nach der wir heut zu Tage den Thier- und Pflanzenkörper betrachten.

Was ist die Zelle? Ein kleines concentrisch geschichtetes Körperchen aus halbflüssigem eiweißartigem Stoffe. Die Schichten sind gewöhnlich ein umhüllendes Häutchen von derberer Beschaffenheit, ein bald flüssiger, bald halbweicher Inhalt und darin ein wiederum geschichtetes Kernkörperchen. Eine Zelle ist ein Tropfen lebenden Stoffes, der durch seinen Austausch mit der Umgebung, durch den Stoffwechsel, den er mit ihr unterhält, concentrisch geschichtet wurde nach einem Gesetze, das die ganze Welt beherrscht. Ich will Dir das ein wenig klar zu machen versuchen. Wenn Du eine Bleikugel gießest, ist sie durch und durch reines Blei; nach einiger Zeit wird ihre vorher glänzende Oberfläche trüb. Was ist geschehen? Sie hat aus der umgebenden Luft einen Stoff angezogen, den sogenannten Sauerstoff, der sich mit der oberflächlichsten Lage Blei verband zu Bleioxyd, die Bleikugel ist jetzt concentrisch geschichtet geworden, sie besteht aus einer Mittellage Blei und drum herum liegt eine Schichte Bleioxyd. Und was ist die Ursache? Der Stoffverkehr mit der umgebenden Luft. Aus demselben Grunde rostet das Eisen, bekommt

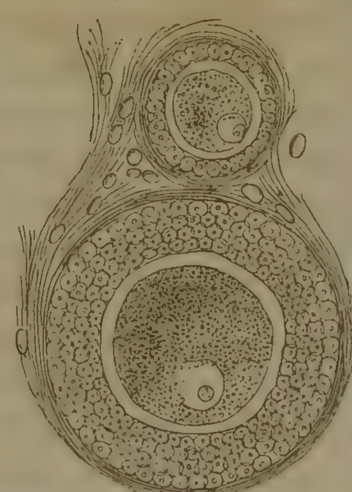
Glas seinen perlmutterglänzenden Ueberzug, aus demselben Grunde ist die Zelle concentrisch geschichtet. Die Zelle, weich und plastisch, ist nun die Grundlage alles Thier- und Pflanzenlebens und der Aufbau jedes Thier- und Pflanzenkörpers kommt dadurch zu Stande, daß die erste Zelle, die den Ausgangspunkt dieses Körpers bildet, die Eizelle, durch fortgesetzte Theilung eine zahlreiche Nachkommenschaft erzeugt, die in gemeinschaftlichem Verbande bleibend sich ineinander fügt und schiebt und so einen wohlgegliederten Staat von Zellen herstellt, der nach den mannigfaltigsten Gesetzen gegliedert und zu einem einheitlichen Bau geworden ist.

Nehme was immer für ein Gebilde aus dem Körper eines Thieres, aus dem Leibe einer Pflanze und bringe es in feinen Schnitten, dünn genug, um das vom Spiegel zurückgeworfene Tageslicht durch sich durchgehen zu lassen, unter das Mikroskop — immer wirst Du die Zelle wiederfinden, wenn auch ihre Schicksale im Lauf des Wachsthums mannigfache sind, Aenderungen in Gestalt, Größe und Richtung ihrer Ausdehnung hervorrufen.

Ich habe Dir hier eine Reihe von Thier- und Pflanzentheilen, wie das Mikroskop sie kennen lehrt, im Bilde hergesetzt, betrachte



Fig. 2.


Fig. 3.

das Blut der Thiere (Figur 2), den Eierstock des Säugethiers (Figur 3),

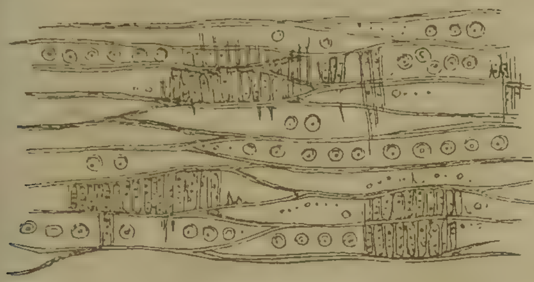


Fig. 4.



Fig. 5.

das Holz der Pflanze (Figur 4), die Darmhaut einer Schnecke (Figur 5),

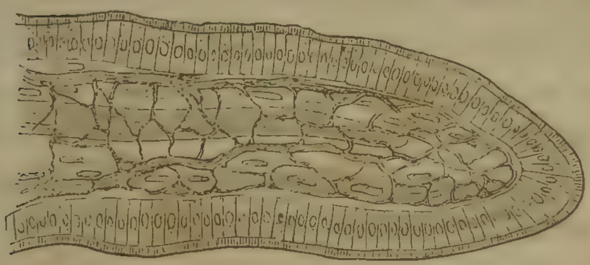


Fig. 6.



Fig. 7.

die Darmzotte des Säugethiers (Figur 6), den Schliff des Knochens (Figur 7),



Fig. 8.

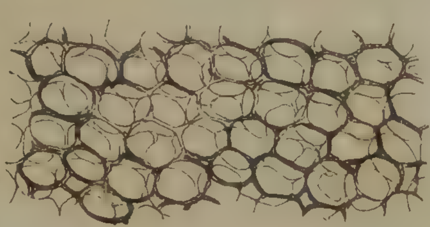


Fig. 9.

den Fangarm eines Schwimmpolypen (Figur 8), das Mark der Vogelfeder (Figur 9), die graue Substanz des Ge=

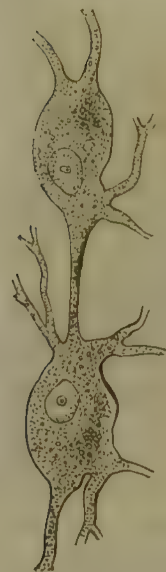


Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

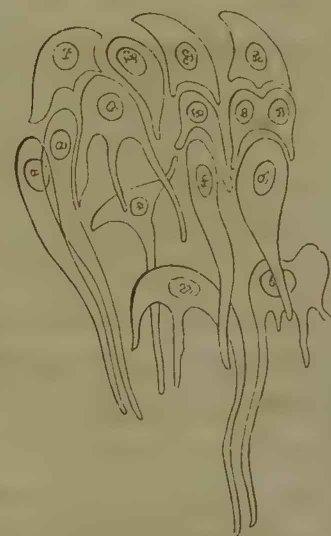


Fig. 13.

hirns (Figur 10), den Nierenschlauch des Insects (Figur 11), den Herzmuskel des Salamanders (Figur 12), die Krystalllinse des Maulwurfsauges (Figur 13), sie alle, aus was sind sie gebaut und zusammengefügt? Aus Zellen der mannichfachsten Form, bald runde Bläschen, bald spindelförmige Körperchen, bald ausgewachsen in Zacken und Spitzen, bald eckig, bald zusammengefügt wie die Waben der Bienenzelle. Es sind das nur einige der Hauptformen, in die die Natur ihren plastischen Baustein gegossen, um das aufzubauen, was wir einen organischen Körper nennen. Sie mögen genügen, um Dir zu zeigen, welchen Dienst das Mikroskop dem Menschen leistete, als es ihm die Zelle entdecken half. Welch reges Leben begann da auf allen Gebieten des Wissens von Thier und Pflanze! welche Sicherheit kam da auf einmal in die Sprache der Wissenschaft, man hatte die Einheit gefunden, den Maaßstab, mit dem Alles zu messen war, das Wort, dem sich Alles fügte; jetzt war eine Vergleichung aller lebenden Wesen möglich geworden und jetzt gab's eine Antwort auf die Frage: was ist ein lebendiges sogenanntes organisches Wesen? Ein Zelle oder ein Bauwerk aus Zellen.

IV.

Was kittet die Bausteine zusammen?

Wie der Baumeister Stein und Mörtel braucht, um sein Haus zu bauen, so hat auch die Natur einen Kitt zur Hand, um die Zellen zusammenzuleimen zu dem kunstvollen Gebäude eines Thier= oder Pflanzenleibes.

Das darfst Du Dir aber nicht so vorstellen, wie wir Menschen es machen: unsere Bausteine, mit denen wir Häuser bauen, sind todte Dinge; der organische Baustein, die Zelle, ist ein belebtes Wesen, ist Baustein und Baumeister zugleich, macht sich den Mörtel selbst. Nicht ein höherer Wille, ein unsichtbares Etwas zwingt die Zellen, in gemeinschaftlichem Verbande zu leben. Das Mikroskop hat uns gezeigt, wie das zugeht. Es ist ein klebender Stoff, den die Zellen durch ihre Oberfläche ausscheiden, der sie zusammenleimt. Freilich sehen wir nicht in allen Fällen mit dem Mikroskop unmittelbar diesen Leimstoff, diese sogenannte Zwischenzellensubstanz, aber abgesehen von den vielen Fällen, wo wir sie wirklich recht deutlich mit dem Mikroskop erblicken (siehe nachfolgend den Querschnitt eines Knorpels, Fig. 14, und eines Stückchens

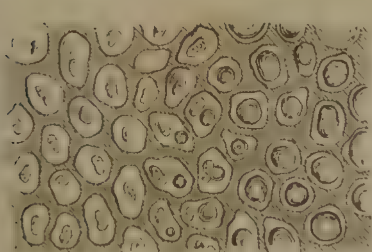


Fig. 14.



Fig. 15.

Bindegewebe, Fig. 15), können wir sie in sehr vielen Fällen, freilich auch wieder nur mit dem Mikroskop bewaffnet, aber unter

Zuhilfenahme von chemischen Mitteln, nachweisen. An dem Querschnitte eines Haares, eines Pflanzenblattes, eines Holzstückchens, erblicken wir sie deshalb nicht, weil die Schicht zu dünn ist, aber wenn wir diese Gebilde mit Säuren oder kräftigen Laugen maceriren, so zerstören wir den organischen, die Zellen bindenden Leim und diese fallen auseinander, ohne daß die Zelle selbst in ihrer Substanz angegriffen wird.

In der Folge werde ich dem Leser zeigen, welch eine wichtige Rolle dieser Zellenkitt spielt, dem wir überall, wo sich's um vielzellige Wesen handelt, begegnen. Hier nur ein kurzer Umriß davon.

Im Pflanzenleibe kommt er nie zu einer beträchtlichen Entwickelung, dort spielt er nur die Rolle des Mörtels; um so mächtiger ist seine Entwickelung und Bedeutung im Thierreiche. Man könnte nahezu sich zu der Ansicht verleiten lassen, daß hier die Zwischenzellensubstanz die Hauptsache, die Zelle selbst die Nebensache sei, doch wäre dies sehr unrichtig. Die Zelle ist immer der werkthätige Baumeister, der die Zwischenzellensubstanz producirt, wie die Biene das Wachs, und wenn wir genau zusehen, so ist dem Zellenkitt auch beim Thiere die Rolle des Bindens und Stützens zugewiesen.

Betrachte z. B. in Fig. 16 den Knochen eines Wirbelthieres.



Fig. 16.

Die zottigen mit ihren Ausläufern zu einer Art Netz verbundenen Körperchen sind die Zellen und das, was die Maschenräume füllt, der Zellenkitt, ist der Stoff, der dem Knochen seinen Halt, seine Festigkeit giebt. In ihm ist die Knochenerde enthalten, die den Knochen befähigt, die Stütze des ganzen Thierleibes zu sein, während das Zellennetz das lebendige Element des Knochens ist, für seine Ernährung und Erhaltung sorgt.

Genau so ist es bei der Sehne (siehe Fig. 17). Die zottigen ebenfalls zu einem Röhrennetze verbundenen Zellen haben keine Festigkeit, keinen Zusammenhalt, der Zwischenzellenstoff ist es, der faserig zerfallend, jene feste elastische Masse bildet, welche wir als Sehne bewundern.


Fig. 17.

Doch damit haben wir die Rolle des Zellenkittes noch keineswegs erschöpft. Als vollkommene Flüssigkeit ist er bei den höher organisirten Thieren der Träger der Blutkörperchen. Das Blut, das in den Adern rollt (siehe Fig. 18), besteht aus den Blutzellen, die in einer klaren und flüssigen Zwischenzellensubstanz, dem sogenannten Serum, schwimmen. Trat in den früher erwähnten Beispielen die Rolle des Stützens, Zusammenhaltens uns entgegen, so verschafft in diesem Fall der Zellenkitt den Zellen ihre freie Bewegung.


Fig. 18.

Schon dies Wenige läßt einen tiefen Blick thun in das Getriebe der organischen Wesen und zeigt uns den Unterschied gegen ein Bauwerk aus Menschenhand. Gerade die Verschiedenheiten der Zwischenzellensubstanz demonstriren uns so recht greifbar, daß die Zelle ein lebendiges Wesen ist, das bald das Bedürfniß hat, sich feste Gehäuse zu bauen wie im Zahn, Knochen und Knorpel, bald das Bedürfniß sich zu verschieben wie im Bindegewebe und der Sehne, bald frei zu schwimmen wie im Blute.

So sehen wir denn den Zellenkitt allen diesen Bedürfnissen des Zellenlebens angepaßt durch die verschiedensten Festigkeitsgrade, bald so hart, daß er am Stahle Funken giebt wie beim Zahn, bald als vollkommene Flüssigkeit wie im Blute, und dazwischen liegen alle nur denkbare Consistenzgrade.

Wir kommen in der Folge noch ausführlicher darauf zu sprechen. Für die Bedeutung des Mikroskops genüge dies Wenige.

V.

Die Fügung der organischen Bausteine.

Um einen grobsinnlichen Vergleich zu wählen, denke Dir die Zellen als weiche Lehmkugeln: fügst Du sie an einander und übst dann einen gleichmäßigen Druck auf sie aus, so werden sich die Kugeln da, wo eine die andere berührt, abflachen und Du wirst ein mehr oder weniger regelmäßiges Mosaik aus vier-, fünf- oder sechseckigen Zellen bekommen, wie Dir Fig. 19 es von einer Algenart (Ulva lactuca) zeigt.

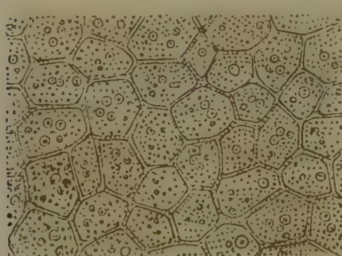


Fig. 19.

Dies ist die primitivste Art des Aufbaues. Man findet sie bei allen niederen Pflanzen und Thieren und bei den höher organisirten tritt sie nur allmälig zurück. Ausnahmslos aber erhält sie sich auch bei ihnen bis hinauf zum Menschen überall da, wo sie die Gränze des Leibes bildet. Du darfst das übrigens nicht so verstehen, daß nur die oberen Zellschichten der äußeren Haut so gefügt werden. Unter Gränzen des Thierkörpers versteht man auch die Flächen innerer Hohlräume und Kanäle; sobald in ihnen eine Flüssigkeit bewegt wird, so bekleiden sie die Lichtung des Darmkanals (siehe Fig. 20, die eine Darmzotte des Menschen mit ihrem Zellenüberzug, aber nicht von der Fläche gesehen, sondern im Querschnitt darstellt), die Höhlung der Lunge (Fig. 21), die Röhren der Gefäße, die inneren Räume der Drüsen.

Die Anatomen nennen diese Zellschichten, wenn sie an der äußeren Oberfläche liegen, bei der Pflanze die Rinde, bei dem Thiere die Oberhaut oder Epidermis, wo sie innere Oberflächen bekleiden, heißt man sie Epithel. Aber in dem Inneren des Thier- und Pflan-

zenkörpers kommt es zu einer anderen Fügung der Zellen, die eine Stufe höher steht; das ist die Art, wie z. B. der Muskel der

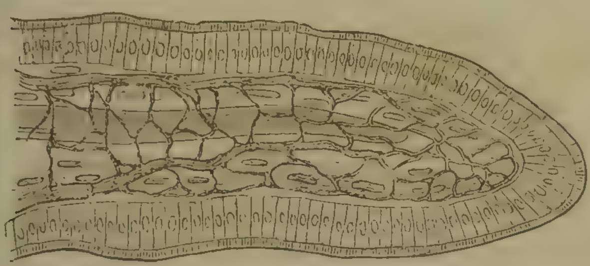


Fig. 20.



Fig. 21.

höheren Thiere sich aus Zellen aufbaut. Da wächst die ursprünglich kugelige Zelle aus zu einem langgestreckten Schlauche, dessen Inhalt sich in einer merkwürdigen Weise abtheilt. Fig. 22 zeigt Dir ein kurzes Stückchen einer solchen röhrenförmig ausgewachsenen **Muskelzelle (vom Ohrwurm)**, Du siehst da polygonale Stückchen, die an der Oberfläche eine mosaikartige Anordnung zeigen, gegen die Mitte hin sind sie keilförmig gegen einander geschoben. Das lichte Band zu beiden Seiten stellt die Wandung der Zelle dar, in welcher die Kerne der ursprünglichen Zelle eingebettet liegen.

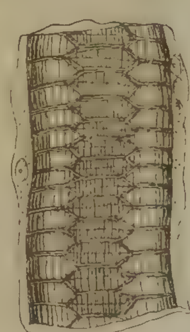


Fig. 22.

Eine Zwischenstufe zwischen dieser röhrigen Entwickelung ist die, wo die Zelle nur eine langgestreckte Spindel bildet, wie bei den Muskeln der Eingeweide (siehe oben Fig. 12) und dem Holz der Pflanzen (siehe oben Fig. 4). Die Fügung der Zellen ist übrigens auch mosaikartig.

Ein vollkommenes Seitenstück zu der röhrigen Entwickelung der Muskelzellen höherer Thiere bietet die **Entwickelung der Saftgefäße** bei den höheren Pflanzen (siehe Fig. 23 von einer Farrenart, Isoetes lacustris); die Anfangs eiförmigen — hier mit zierlichen Spiralleisten versehenen — Zellen werden, je weiter sie sich entwickeln, immer länger und länger und bilden die sogenannten Spiral- oder Treppengefäße, die bei den Laubpflanzen die Mitte des Stengels, bei den Holzpflanzen den Bast durchziehen.

Daß dies eine höhere Entwickelung des Zellenbaues ist, geht schon daraus hervor, daß sie nur bei höheren Pflanzen sich findet,



Fig. 23.

wird aber noch augenscheinlicher, wenn wir sehen, daß sie in der frühen Jugend auch bei diesen fehlt (siehe Fig. 24, die den Vorkeim eines Schachtelhalmes zeigt, der ganz aus vieleckigen einfachen Zellen gebaut ist).



Fig. 24.

Die Zellenfügungen, die ich bisher in einigen Beispielen gezeigt, möchte ich dem Fall vergleichen, wo der Baumeister seine Steine in Winkeln und Flächen behaut, daß Fuge an Fuge paßt, jeder Stein ist für sich allein und Mörtel nur so viel dazwischen, als genügt, um die unabweislichen Lücken zu füllen. Betrachten wir im nächsten Abschnitt die Wege, die die Natur einschlägt, um einen Bau aufzuführen, der weit über das hinausgeht, was Menschenhände vermögen.

VI.
Das organische Gewebe.

Den Haupttriumph feierte das Mikroskop unstreitig, als es mit ihm gelang, die Zellennetze zu entdecken, die den Körper der höheren Thiere durchziehen, um für alle Zellen, die ihn aufbauen, die Bedingungen zu schaffen, unter denen sie leben und mitwirken können zum Gedeihen des Ganzen.

In wie einfachem Lichte erscheint uns das Leben der Pflanzen, erscheinen uns die Verrichtungen der niedrigsten Thiere, wo Zelle an Zelle sich fügt, wo der Anstoß, der eine trifft, sich auf die andern fortpflanzt in derselben Weise, wie der Stoß, den die eine Billardkugel erhält, auf die andern, gegen die merkwürdigen Erscheinungen bei den höheren Thieren, wo ein einheitlicher Wille alle Theile regiert, seine Rapporte empfängt, seine Befehle ertheilt und alle die Millionen von Zellen regelmäßiger verproviantirt werden, als eine große Armee! Das Geheimniß ist durch das Mikroskop enträthselt, die Zellennetze sind es, die dieses Wunder wirken.

Sie kommen nur da zu Stande, wo eine größere Menge von der schon beschriebenen, die Zellen verbindenden Zwischenzellensubstanz und eine geringere Consistenz derselben — wenigstens im Stadium der Entwickelung — den einzelnen Zellen ein freies und ungehindertes Wachsthum nach allen Richtungen hin ermöglicht. Da wird das runde Bläschen allmählig eckig; bald nach zwei, bald nach drei, bald nach vielen Richtungen hin wächst es aus der Zelle hervor, wie ein feiner Wurzelfaden die umgebende Zwischenzellensubstanz durchdringend, und es ist, als ob diese feinen Fäden sich gegenseitig suchten, es wächst der der einen entgegen dem Faden der benachbarten Zelle, sie treffen sich, an der Spitze sich berührend, verschmelzend, so daß jetzt ein feines Röhrchen die Communication zwischen

dem Zellencentrum der so vereinigten Zellen herstellt und so entsteht ein förmliches Netzgewebe von Zellen mit freier Communication der einzelnen Zellenhöhlungen untereinander (siehe oben die Figuren 14, 15, 16).

Das ist das, was die Naturforscher Bindegewebe nennen, weil es Netze aus verbundenen, verknüpften Zellen sind, und welche Wichtigkeit diese Gewebe besitzen für das Leben der höheren Organismen, das wird Dir klar werden, wenn ich Dir sage, daß aus diesen Zellnetzen zwei der wichtigsten Gebilde, die Netze der feinsten Blutgefäße, der sogenannten Haargefäße und die Lymphgefäße, sich bilden, welch letztere Dir die nachstehende Figur 25 in ihrer Ent-

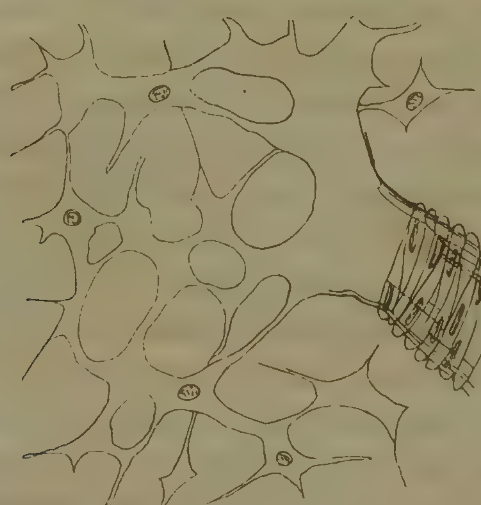


Fig. 25.

wickelung zeigt. Alle die unendlich feinen, unsere Ernährungsflüssigkeit führenden Gefäßausbreitungen sind ursprünglich solche Zellennetze, in denen der Inhalt allmählig in Bewegung geräth, die feinen Verbindungen zwischen den einzelnen Zellmittelpunkten gleichmäßig ausweitend, so daß schließlich die Selbstständigkeit der Zelle gänzlich erlischt, ihr Inhalt, den sie von Haus aus hatte, fortgeschwemmt wird und auch der Zellenkern, der noch längere Zeit an der Wandung klebend sich erhält, immer mehr und mehr verschwindet, daß schließlich nichts mehr die ursprüngliche Selbstständigkeit anzeigt.

Dies ist eigentlich die letzte und höchste Entwickelung der Gewebe, über sie hinaus hat das organische Leben nichts Neues mehr producirt.

Ganz ähnlich verhält es sich mit dem wichtigsten aller Gewebe, dem der Nerven, des Gehirns und Rückenmarks (siehe oben Fig. 10). Hier haben sich die Zellen noch einen gewissen Grad von Selbstständigkeit bewahrt, ihr Kern, ihr Inhalt ist noch geblieben und in der Configuration des Gewebes unterscheiden sie sich dadurch vom Gefäßnetze, daß die Verbindung der Zellen selten nach mehr als drei Richtungen hin erfolgt, häufig sogar blos nach einer. In ihnen strömt keine Flüssigkeit, aber sie sind das Telegraphennetz, durch das die elektrischen Bewegungen ziehen, die alle Theile von dem unterrichten, was allen andern geschieht, die das höhere Thier erst zu dem machen, was man ein Individuum, ein untheilbares Ganze nennt. Die nebenstehende Figur 26 zeigt nur einen winzigen Theil dieses Telegraphennetzes zwischen Gehirn (a), Rückenmark (b) und den Gliedmaßen (d).

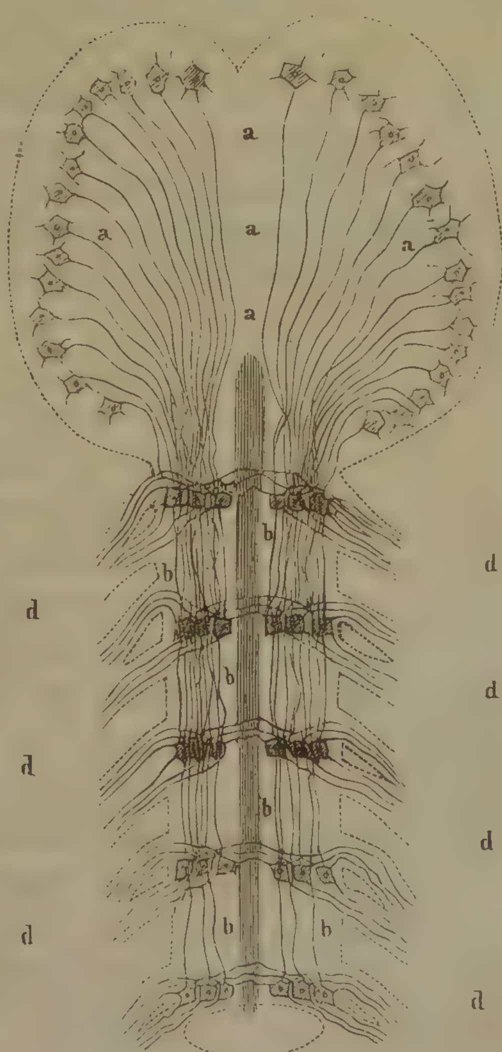


Fig. 26.

Diese Gewebe sind es, welche den Aufbau so immenser Zellenstaaten ermöglichen, wie es unsere höheren Thiere sind. Wie wäre es denkbar, daß in einem Organismus, wie der des Menschen, alle die Millionen Zellen, die ihn zusammen-

setzen, ihr Leben fristen, Nahrung finden und Verbrauchtes ausscheiden könnten, wenn nicht diese Zellengewebe die Bahnbrecher wären, die Communicationswege herstellen würden, auf denen die Ernährungsflüssigkeit überall hin gelangt, auf denen alles Verbrauchte wieder zurückfließen kann, um am passenden Orte ausgeschieden zu werden.

Denke Dir, lieber Leser, einen Organismus wie eine Stadt, wo eine Zelle ein Haus ist, und jetzt will ich Dir den Bau verständlich machen, wie ihn uns das Mikroskop lehrt. Da hinten in der Steiermark, da findest Du Dörfer ohne Straßen, da sitzt Haus an Haus, und will einer zu seinem Nachbar, so muß er über den Zaun steigen. So gebaut sind die niederen Geschöpfe, die Algen, die Schwämme, die Polypen, wo auch Zelle an Zelle sitzt, wo der Nahrungsstoff nicht auf freien Bahnen von der einen zur andern gelangen kann, sondern über den Zaun steigen, d. h. Zellenwände durchdringen muß, um die innenliegenden zu ernähren. Und jetzt folge mir in eine große Stadt, wie würden die Bewohner es angreifen, wenn Haus an Haus stände, wenn einer zum andern nur dadurch gelangen könnte, daß er ihm zum Fenster hineinsteigt. Da hast Du das Netz der Straßen, das Netz der Kanäle und Wasserleitungen, die eine solche Zusammenhäufung möglich machen und es gestatten, daß jedem einzelnen Bewohner des Lebens Nahrung und Nothdurft zufließt. Das erreicht die Natur durch das Bindegewebe, durch jene Zellennetze, die jeden Zellenhaufen umgeben, wie die Straßen das Häuserviereck, in denen die Ernährungsflüssigkeit frei circulirt, die verbrauchten Stoffe frei abfließen.

Damit hast Du zugleich einen Begriff, welcher unendlichen Biegsamkeit der Baustein des Organismus sich erfreut, wie er eben so geschickt ist, Häuser aus ihm zu bauen, als Kanäle aus ihm zu verfertigen. Wenn Du dieses bewunderungswürdige Getriebe, diesen complicirten Bau, wo Alles erhalten und gepflegt wird, Dir vergegenwärtigst, wer hat uns all' das gezeigt? Wer hat uns gelehrt, die Geheimnisse des Baues der Organismen zu erforschen, wer hat uns ihr Verständniß erschlossen, — denn giebt es ein Verständniß, ohne daß wir das

wissen? — Kein anderes Werkzeug als das Mikroskop; es zeigte uns die Zelle, es lehrte uns ihre Gestaltveränderungen im Laufe der Entstehung verfolgen, mit ihm finden wir sie wieder in allen Geweben, wir sehen, wie sie umgestaltet wird, wie sie ausscheidet, wie sie wächst und vergeht, wie sie nährt und genährt wird. Das Räthsel des thierischen Baues ist aufgeschlossen vor uns durch dieses Werkzeug. Es zeigt uns, daß wir es hier nicht mit einer homogenen Masse zu thun haben, wir sehen, daß Thier und Pflanze aufgebaut ist aus einer großen Zahl von Individuen, von Wesen, deren jedes gewissermaßen sein eigenes Leben führt, freilich im Dienste des Ganzen, so wie der Staatsbürger im Staate des Menschen. Wir sehen, wie ein Theil derselben seine Selbstständigkeit aufopfern mußte im Dienste für das Allgemeine, sich umgestalten zu willenlosen Kanälen, in denen die anderen, die mächtigeren, die ihre Selbstständigkeit bewahrt, die Nahrungsflüssigkeit umhertreiben, hinaufpumpen in jedes Stockwerk, um es möglich zu machen, daß eine solche Vielzahl von Individuen zusammenlebt, wie andere geschaffen und umgestaltet wurden, ihre Selbstständigkeit verlieren mußten, um den ganzen Staat zu regieren, die Befehle des Centrums zu senden in die Peripherie, alle Theile zu verbinden für gemeinsames Wohl und Gedeihen und alle zu binden durch einen einheitlichen Willen. Darin liegt das Verständniß des Thier- und Pflanzenkörpers. Und verdient ein Instrument, das unser Wissen in dieser Weise fördert, das uns das höchste Räthsel der Natur erschloß, das uns uns selbst kennen lehrte, nicht alle Bewunderung? Alles das wäre uns für immer verschlossen geblieben, wenn es uns nicht gelungen wäre, ein Werkzeug zu erfinden, welches unseren Gesichtssinn der Art schärfte, daß wir die Bausteine des Organismus, die meist kaum den hundertsten Theil einer Linie messen, erblicken können.

VII.
Das Leben der Zelle.

Wer lehrte uns das Getriebe kennen, das alle diese Millionen Wesen zusammenbindet zu einem nach gemeinschaftlichem Willen dirigirten Ganzen? Immer war es das Mikroskop, an dessen Hand wir die Lebensverrichtungen der Zelle entzifferten. Unter ihm sehen wir die Vorgänge der Bewegung, wir sehen, wie die Muskelzelle aller niederen Geschöpfe, die noch nicht ausgewachsen ist zu einer Röhre, abwechselnd sich ausdehnt und wieder zusammenzieht, wir sehen die eigenthümlichen Stellungsveränderungen der Dysdiaklasten, jener merkwürdigen Körperchen, welche den Inhalt der Muskelröhren bilden, wir sehen die Strömungen des Zelleninhaltes, wir erblicken die feinen Poren der Zellenwandung, durch welche der Austausch der Nahrungs- und Auswurfsstoffe vor sich geht. Das Mikroskop zeigt uns die Circulation der Säfte durch jene Zellennetze, von denen ich oben sprach, und wenn Du, lieber Leser, eines der prachtvollsten Schauspiele sehen willst, die das Mikroskop entfaltet, so gehe hinaus an den Sumpf und fange Dir die halbzolllange, mehr als Glas durchsichtige Larve einer kleinen Schnake (Corethra plumicornis) und lege sie in einem Uhrglas lebendig unter das Mikroskop. Bist Du je einmal in eine Maschinenfabrik, in ein Hammerwerk getreten und haben Dir diese Arbeiten des von Menschenhand gemachten Organismus imponirt, Dir die Sinne bewältigt, Dich staunen gemacht, dann blicke hinein in das Mikroskop und sieh das Leben arbeiten in dieser Larve, sieh, wie der Herzschlauch schlägt, wie die Klappen spielen, wie das Blut hindurchjagt, wie die Blutkerne sich drängen und gequetscht werden gleich dem unter dem Dampfhammer sich biegenden Eisen, wie da Alles sich regt und spielt, wie die Zellen sich dehnen und heben,

wie die Muskeln sich verkürzen und ausstrecken, wie die Eingeweide sich schlängeln und biegen, wie die Nahrungsstoffe durch den Darm getrieben werden, und Du wirst mir zugeben, daß die gewaltigsten Werke von Menschenhand weniger staunenswürdig sind und weniger überwältigend, als die Arbeit des Lebens in diesem winzigen Geschöpfe. Da siehst Du auf einmal vor Dir ausgebreitet alles das, was an anderen Thieren jahrelanges Forschen, unermüdliche Beobachtungen und schwierige Experimente uns lehren mußten, was Du immer nur theilweise siehst und deshalb nicht mit dem richtigen Verständniß; es entfaltet sich hier mit einem Blicke vor Deinen Augen die ganze Mechanik des Thierkörpers.

Oder willst Du ein anderes Bild? Nimm die junge Forelle, kurz nachdem sie die Eihülle verlassen, wenn ihr schwerer großer Dottersack sie noch hilflos macht wie das Kind im Mutterleibe, und lege sie unter das Mikroskop. Du schrickst staunend zurück vor dem Schauspiel, das sich Dir hier entfaltet, es ist, als ob eine Landkarte sich vor Dir entrollte, auf der in tollem Durcheinander die Ströme ringen und stürzen, große Gesteinbrocken wälzend wie im größten Aufruhr der Elemente, und doch siehst Du nichts vor Dir als das bescheidene Rieseln der Blutkörperchen durch die Adern des Dottersackes.

Wer hat Dir gezeigt, wie die Zelle lebt, wie sie wächst, wie sie sich verändert und wie sie endlich stirbt, ihren Inhalt aussondernd als Galle, als Harn, als Magensaft, als Schleim? Das Mikroskop. Wer hat Dir die Wege gezeigt, auf denen das Blut durch die Adern rinnt, der Saft in die Blätter der Pflanze steigt? Das Mikroskop. Wer lehrte Dich die Geschwindigkeit messen, mit der dies alles vor sich geht? Das Mikroskop. Kurz, das ganze Leben der Zelle, durch das allein das Leben des Zellenstaates verständlich wird, ist eine Errungenschaft dieses Instrumentes.

VIII.

Zeugung und Fortpflanzung.

Was war bis vor wenigen Jahren das größte Räthsel der Natur, wenn wir absehen von dem der Entstehung der Ersten Wesen, an die man damals noch nicht zu denken wagte? Die Zeugung war es und die Fortpflanzung. Und wer hat dieses Räthsel gelöst? Das Mikroskop. Schon das Ei (Fig. 27), aus dem die Säugethiere, auch wir Menschen entstehen, ist ein Gebilde, das nur das Mikroskop genau erkennen läßt, ist es ja doch so klein, daß es eben noch die Grenze des mit bloßem Auge Sichtbaren erreicht.

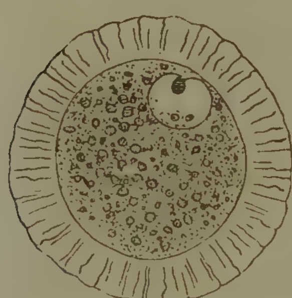


Fig. 27.

Aber wie kommt in dieses Ei durch die Begattung das Leben, das es befähigt, sich zu entwickeln zum vielzelligen, vielgestalteten Organismus? Das Mikroskop war es, das uns zeigte, daß der männliche Samen ein Körperchen in millionenfacher Zahl enthält, von der mannigfaltigsten Gestalt bei den verschiedenen Wesen. Die nebenanstehende Abbildung (Fig. 28) zeigt in den vier oberen runden Bläschen in der Reihenfolge von rechts nach links die Entwickelung der Samenfäden des Menschen aus den Kernen von Zellen, darunter sind drei reife Samenfäden, der erste ist vom Kaninchen, der zweite von der Ratte, der dritte vom Menschen. Wie wirkt nun der männliche Samen auf das Ei, um es zu befähigen, ein vielzelliges Wesen aus sich zu entwickeln? Lange Zeit bedurfte es, bevor die Naturforschung für dieses Räthsel eine Lösung

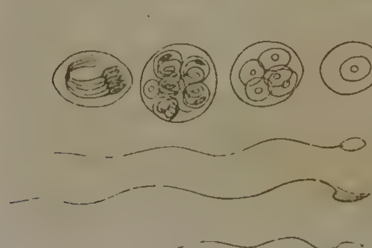


Fig. 28.

fand, denn auch nachdem man die Samenfäden entdeckt hatte, wußte man nicht, was mit ihnen geschehe und wie sie auf das Ei einwirken. Man nahm zu einem Wunder seine Zuflucht, man sagte, die Berührung des Eies durch den Samenfaden ruft die Entwickelungsfähigkeit hervor. Auch da schuf wieder das Mikroskop die Hilfe, auch dieses Räthsel löste es auf. Keber, der die feine Oeffnung fand in der Schale des Eies, die Mikropyle, erkannte, wie der Samenfaden an dem Ei umhersuchend und umherbohrend, in diese Mikropyle eindrang, in das Innere der Zelle gelangte, in ihr sich auflöste und durch diese Durchmischung das Ei befähigte zur Entwickelung. (Fig. 29 zeigt das Ei von einer Seegurke mit seiner dicken von Porenkanälen durchsetzten Hülle und oben ist die Oeffnung, die sogenannte Mikropyle, sichtbar.)



Fig. 29.

Zuvor schon hatte Amici gesehen, daß der Blüthenstaub oder Pollen, der das männliche Befruchtungs-Element der Pflanzen ist, auf die Narbe gelangt, in einen langen Schlauch auswächst, der das Zellgewebe der Narbe durchdringt und hineinwächst bis in die Eizelle des Samenträgers (Fig. 30 zeigt links ein Pollenkorn von Eibisch, rechts das der Passionsblume). Nach jahrelanger Mühe hatte das Mikroskop ihn mit dieser wunderbaren Entdeckung beschenkt. Auch bei

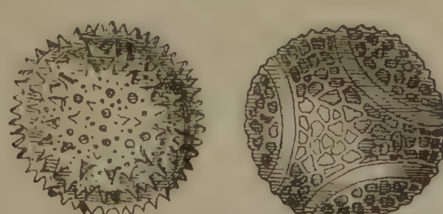


Fig. 30.

andern Pflanzen, bei den Farren, den Moosen und Schachtelhalmen hatten Andere das Eindringen des männlichen Befruchtungsstoffes und der geformten Elemente desselben in das Ei der Pflanze gezeigt und

als Keber das Eindringen des Samenfadens bei der Teichmuschel sah, und später andere Forscher es bei anderen Thieren bestätigten, da war wieder eine von den Schranken gefallen, die unvollkommenes Wissen aufgerichtet hatte zwischen Thier- und Pflanzenreich, und das große Räthsel der Zeugung war gelöst, des Wunderbaren entkleidet. Heut zu Tage ist die Lehre der Zeugung, dieses feinsten Vorganges in der organischen Natur, ebenso unanfechtbar als die Gesetze, nach denen sich die Gestirne bewegen.

IX.

Die Lebensgeschichte der Schmarotzerthiere.

Noch ein anderes Gebiet, auf dem lange der Aber- und Wunderglaube sich tummelte, hat das Mikroskop gelichtet, hat Klarheit und Sicherheit darüber verbreitet, ich meine die Lebensgeschichte jener kleinen, auf und in anderen Thieren schmarotzenden Geschöpfe, welche man früher aus verdorbenen Säften des Wohnungsthieres entstanden sein ließ. Es zeigte uns, daß die Eingeweidewürmer, die wir oft mitten in scheinbar unzugänglichen Organen des Körpers finden, im Auge, im Gehirn, im Herzen, im Muskelfleische, im Gekröse, in der Leber, in den Blutgefäßen, daß sie alle Thiere sind von Eltern geboren und durch Eier sich fortpflanzend, daß sie aber einen merkwürdigen Lebenslauf haben. Es zeigte uns, wie manche dieser Thiere die erste Periode ihres Lebens in der feuchten Erde, im Wasser zubringen, von da in andere Thiere sich einbohren, sei es durch Gewebe, sei es durch natürliche Oeffnungen des Körpers, wie sie sich dort entwickeln, wie sie ihre Wohnsitze wechseln, dadurch daß ihre Wohnungsthiere gefressen werden und so der halbentwickelte Eingeweidewurm in die Gedärme eines anderen Wohnungs-

thieres gelangt, kurz das Mikroskop erschloß uns hier eine Welt, voll der scheinbar unerklärlichsten Dinge, und brachte uns zugleich eine hohe Vorstellung bei von den mannigfachen Wegen, welche die Natur für ihre Organismen bereit hält, um ihr individuelles Leben zur Geltung zu bringen bis in die letzten Winkel des Leibes anderer

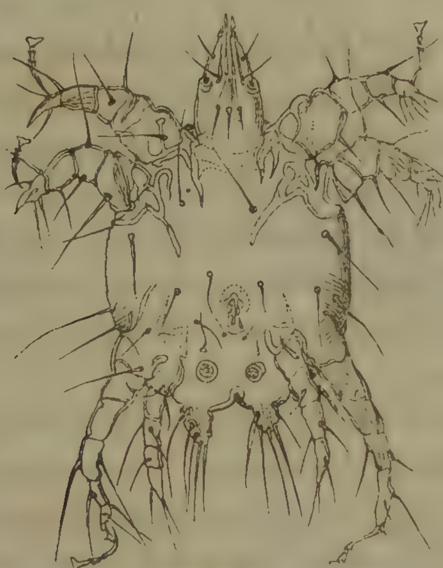


Fig. 31.

Geschöpfe hinein. Indem es uns zeigte, auf welchen geheimen Wegen unsere Feinde uns anfallen und in uns einwandern, indem es uns unsere Feinde erst selbst kennen lehrte, wie seiner Zeit die Krätzmilbe (Fig. 31) und neuerdings die Trichinen, zeigte es zugleich auch die Wege, wie wir diesen Feinden entgehen, uns vor den Verheerungen, die sie in uns anrichten, bewahren können.

X.

Die Entwickelungsgeschichte der organischen Wesen.

Das reichste Feld, ein Feld, auf dem heut zu Tage vorzugsweise sich die Thätigkeit der Zoologen und Botaniker bewegt, ist das der Entwickelungsgeschichte. Diese Disciplin, die eigentlich die Verbindung aller anderen darstellt, zeigt uns alle Stadien des Aufbaues der Thier- und Pflanzenkörper und lehrt uns die Kräfte kennen, durch welche das Bestehende sich erhält und weiter aufbaut. So ist die Entwickelungsgeschichte diejenige Wissenschaft, welche uns in die tiefsten Geheimnisse der Natur einführt.

Zwar zeigt uns dieselbe zunächst nur, wie das einzelne Individuum unter den mannigfaltigsten Aenderungen der Gestalt und Lebensverhältnisse aus der ursprünglich einfachen Eizelle, die der männliche Samen befruchtet, hervorwächst; sie zeigt, wie aus ursprünglich so einfachen Elementen wie den Furchungskugeln oder Embryonalzellen, die durch die Theilung der Eizelle (siehe Fig. 32) entstanden sind, alle die mannigfachen Gewebe und Organe

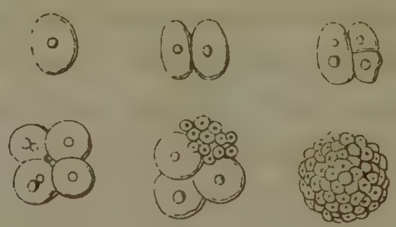


Fig. 32.

des Geschöpfes sich entwickeln. Sie führt uns die wunderbare Consequenz der Natur im Herausbilden der Formen vor und stellt uns so recht vor Augen, daß die ganze Form und Zusammensetzung der Thiere und Pflanzen nur erklärbar ist, wenn wir uns stets vor Augen halten, daß es ein nach bestimmten Gesetzen geordneter Staat von Individuen, von Zellen, ist.

Allein die Entwickelungsgeschichte des Individuums, deren Entzifferung wir dem Mikroskop verdanken, leistet uns noch weit mehr. Sie zeigt uns nicht blos den Weg, auf dem das Individuum heute noch entsteht, sie zeigt uns auch, wie die Art, wie das Geschlecht, wie die Familie entstand, wie sie zusammenhängen, wie die Form des organischen Lebens, beginnend mit der einfachen Zelle, mit dem einzelligen Wesen, allmälig im Laufe von Millionen von Generationen den mannigfaltigen Stammbaum der Thiere gründet.

Unsere Erdrinde hat uns freilich noch eine Menge der untergegangenen Geschlechter, — sei es ganz, sei es in einzelnen Theilen, die auf das Ganze schließen lassen, — bewahrt, hat uns einige Bruchstücke des Stammbaums, dessen Wurzeln die ältesten aller Lebewesen, dessen Blüthe unsere heutige Schöpfung ist, aufbewahrt. Allein wie lückenhaft ist dieser Stammbaum, von welchen Zufälligkeiten hängt es ab, bis es der Natur gelingt, von einer Form, auch wenn sie durch Jahrhunderte und Jahrtausende in zahllosen Individuen die Erde beherrschte, auch nur ein Stück aufzubewahren! Und wie groß ist der Zufall, der uns Naturforschern dieses eine Stück in die Hand spielt! Wenn wir auf die Aufschlüsse dieser Archive warten wollten, Aeonen müßten vergehen, ehe wir auch nur hoffen dürften, in den Besitz aller dieser Actenstücke gelangt zu sein, die die Erde uns aufbewahrt, und unser Streben, den Stammbaum der Wesen zu finden, wäre ein verfrühtes.

Die Entwickelungsgeschichte ist es, die uns über diese Mängel hinwegsetzt. In der Entwickelungsgeschichte des Individuums vom Ei bis zum vollständigen Wesen hat die Natur gewissermaßen in treuer, historischer Anhänglichkeit an jenen großen im Laufe der Aeonen sich vollziehenden Entwickelungsgang alle Hauptphasen desselben aufbewahrt; alle die Formen, die seiner Zeit als ausgebildete Geschöpfe die Erde bevölkerten, hat sie in mehr oder weniger treuer Copie verlegt in den Entwickelungsgang des Individuums und zeigt uns dieselben heute noch als vorübergehenden Embryonalzustand.

Indem es wiederum das Mikroskop ist, das uns in den früheren Perioden der Entwickelung fast allein leitet, ist auch das Mikroskop das Instrument, welches uns über den kosmischen Entwickelungsgang die hauptsächlichsten Aufschlüsse gewährt hat, welches uns die sicherste Kunde bringt von Zeiten, die in unabsehbarer Ferne hinter uns liegen. Ist das Mikroskop für die heut lebende Welt das Instrument, mit dem wir in größter Nähe sehen, so ist es durch die Entwickelungsgeschichte das Teleskop der Vergangenheit geworden, das Instrument, mit dem wir zurückblicken in die größten Fernen der Zeiten.

XI.

Das Mikroskop als Berather im täglichen Leben.

Wie tief greift heut zu Tage schon das Mikroskop in unser eigenes Leben ein, welch unentbehrliches Werkzeug ist es in den Händen des Arztes, wer lehrt ihn die gefährlichen, verderbenbringenden Krebsgeschwülste unterscheiden von den anderen unschädlichen und erspart so dem Kranken manchen Schmerz, dem Arzte manche Enttäuschung! Wer lehrt ihn die Natur der Krankheit erforschen, den gestörten Lebensprozeß zurückführen auf das einfachste Element, auf das Leben der Zellen, wer giebt ihm die Mittel an die Hand, es zu erkennen und, mit der Erkenntniß bewaffnet, die Mittel zu wählen, mit denen man der Krankheit entgegentritt? Das Mikroskop. Es hat ihn die kleinen Feinde des Menschengeschlechtes, die Schmarotzerthiere, kennen gelehrt und ihm die Mittel zu ihrer Vertilgung an die Hand gegeben. Und welche wichtige Rolle spielt dieses

Werkzeug jetzt schon in der Kenntniß und Pflege unserer Nahrungsmittel! Es zeigt uns am sichersten die Verfälschungen derselben an oder ihr geheimes Verderben (siehe z. B. Fig. 33, a gesunde Milch, b Milch einer kranken Kuh).

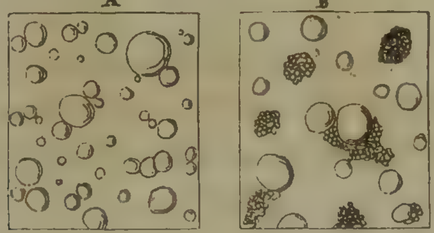


Fig. 33.

Allen den winzigen Feinden unserer Culturpflanzen, den Brandpilzen, dem Heer der Insecten u. s. w. können wir nur entgegentreten auf Grund der Kenntnisse, die uns das Mikroskop von ihrer Lebensgeschichte verschaffte.

Wer hat uns endlich die Entwickelung unserer Nahrungspflanzen und die zu ihrem Gedeihen erforderlichen Existenzbedingungen gelehrt und uns so in den Stand gesetzt, die größte Nahrungsmenge auf den kleinsten Räumen zu erzeugen? Freilich nicht das Mikroskop allein, aber immer neben Maß und Wage, neben der Retorte des Chemikers war es das Mikroskop, das prüfend und controlirend und beobachtend nebenher ging und oft genug den Ausschlag gab.

Wie greift heute schon dieses Instrument in das Getriebe von Handel und Gewerbe ein, welches Mittel ist es in der Hand

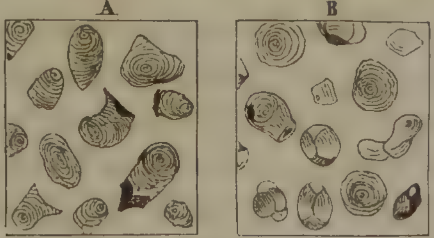


Fig. 34.

des Kaufmanns, seine Waare zu prüfen! Es lehrt ihn z. B. echten Sago (Figur 34a) von Kartoffelsago (Figur 34b),

den Seidenfaden (Figur 35a) von dem Wollfaden (Figur 35b) und dem Leinenfaden (Fig. 35c) unterscheiden und verräth ihm

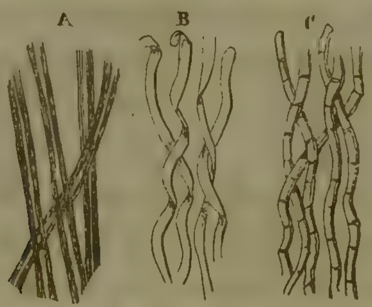


Fig. 35.

bei Stoffen, wo man es mit kleinen geformten Theilchen zu thun hat, alle Fälschungen und Verunreinigungen. Kurz, es ist heut zu Tage nichts, kein Gebiet des menschlichen Wissens und Könnens, wo nicht das Mikroskop eine Rolle spielt oder spielen kann, wo es nicht in vielen Fällen das Werkzeug der allein entscheidenden und Ausschlag gebenden Prüfungsmethode ist.

XII.
Der Genuß des mikroskopischen Sehens.

Welchen Reiz gewährt das Mikroskop einem Jeden, dem die Natur überhaupt Quelle des Genusses und der geistigen Anregung ist! Wer ist nicht entzückt von den zarten Bildern, die dieses bescheidene Instrument vor ihm entfaltet, sei es, daß es ihm die Farbenpracht der Krystallbildungen im polarisirten Lichte vor Augen führt, sei es, daß er die wunderbare Zartheit und Mannigfaltigkeit der organischen Gebilde in ihm bewundert, sei es, daß es ihm vergönnt ist, mit dem Mikroskop einen jener Blicke in die Werkstätte der Natur zu thun, von denen ich oben sprach!

Wie gering ist der Genuß, wenn das Fernrohr einen Nebelfleck in eine Anzahl einförmiger leuchtender Sterne auflöst, gegenüber dem Genusse, wenn das Mikroskop alle die Dinge, aus denen wir selbst bestehen, die uns umgeben, die uns täglich durch die Hand gehen, auflöst in jene fabelhafte Welt des Zellenlebens, wenn es alle die Formen vor uns entfaltet, die uns die Gestalt und das Leben alles dessen erklären, was uns umgiebt, was aus demselben Fleische und Blute ist wie wir, wenn es uns da, wo die Materie scheinbar formlos, unbestimmt vor uns liegt, die wunderbarste Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit erblicken läßt, wenn es uns zeigt, wie die Theilung der Arbeit, — und zwar eine Theilung, die bis in's Minutiöse geht, — in uns einen so wunderbaren Totaleffect erzeugt, wie es das Leben und Sichbewegen eines höher organisirten Geschöpfes ist.

In der That, das Mikroskop ist für uns nicht blos ein sechster Sinn, es hat uns nicht blos eine Welt erschlossen, die für unsere anderen fünf Sinne unnahbar war, ich möchte sagen, das Mikroskop ist das Instrument unseres Geistes, es führt uns hinein in Regionen, die so zart sind wie die Nervenfäden unseres Gehirns,

so complicirt und so mannigfaltig, wie die Operationen unseres seelischen Lebens. Es ist das Instrument, mit dem wir die Natur in ihrem innersten Treiben betrachten, vor dessen durchdringender Schärfe sich die feinste Zertheilung des Stoffes erschließt; es ist kein Instrument, mit dem wir Kräfte bewegen, heben und arbeiten, es ist das Auge unserer Seele. Und sollen wir einem solchen Instrumente nicht Monumente errichten, sollen wir es länger schlummern lassen in den Werkstätten der Wissenschaft, sollen wir es über die Achseln ansehen als ein Spielzeug der Stubengelehrsamkeit?

Nein, wenn Dampfmaschinen und Telegraphen die höchsten Triumphe der materiellen Weltherrschaft des Menschengeistes angebahnt haben, so ist das Mikroskop das Instrument, welches den höchsten Triumph des Menschen in geistiger Beziehung ermöglichte, ein Instrument, dessen Wirkung von entscheidendem Einflusse war und sein wird auf die geistige Seite unseres Lebens, dadurch, daß es die Räthsel des räthselhaftesten Gebietes der Materie löst, die Räthsel des organischen Lebens.

Erster Theil.

Mikroskopische Wesen.

I.

Die Infusorien.

Allgemeines.

Ein landläufiges Wort, das Wort Infusorium. Jeder hat's wohl schon gehört, Jeder hat wohl Bilder davon gesehen, und man sollte glauben, das Wort und die Sache wären alltäglich, würde wenig Interesse mehr finden. Und doch versuche es der Leser und lasse sich am Mikroskop so ein rechtes Infusoriengewimmel zeigen, wie man's am schönsten sieht um abgestorbene Pflanzenblätter, die am Grunde eines stillstehenden Wassers faulen, — unser Titelblatt giebt ein solches Bild. So oft man auch das Wort schon gehört, es wird Einen ganz fremd und sonderbar anmuthen, da, wo das bloße Auge, auch wenn es noch so scharfsichtig wäre, kaum etwas anderes sieht, als bewegte Punkte oder einen Schimmelanhauch, ein so reiches und vielgestaltiges Leben zu erblicken, Formen zu sehen, die trotz ihrer elementarischen Einfachheit einen Reichthum des Details entwickeln, eine Lebhaftigkeit der Bewegung, die den Laien schwindeln macht.

„Ich begreife, wie das zur Leidenschaft werden kann," habe ich mehr als Einen ausrufen hören, dessen Wißbegierde ich mit meinem

Mikroskope befriedigte, „ich begreife, wie eine so gänzlich neue Welt Einen abstumpfen kann für alles Uebrige, wie man in sie sich vergräbt, in ihr die höchsten geistigen Genüsse findet." Ja diese unsichtbare Welt hat ihre Anziehungskraft in zwei Dingen: es ist nicht allein der überraschende Eindruck, den immer das Erblicken neuen Lebens und neuer Lebensformen gewährt, es ist die Ungenirtheit und Ruhelosigkeit, mit der sich dieses Leben vor dem Auge des Beobachters bewegt.

In der sichtbaren Welt gelingt es nicht so leicht, in das Getriebe der Natur direct hineinzublicken; ziehen sich doch alle größeren Thiere scheu vor dem Menschen zurück, und selbst die kleineren bilden, wenn wir wenige, colonienweis wohnende Geschöpfe — wie Bienen und Ameisen — ausnehmen, kein so dichtes und enges Zusammenleben, so sichtbar in seinen Kämpfen, in allem Thun und Lassen wie die Infusorien. Der Effect wird natürlich noch dadurch gesteigert, daß das Mikroskop nicht blos die Formen vergrößert, es vergrößert auch, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, die Bewegung, und das ist das, was den unkundigen Neuling am meisten frappirt. Ein Geschöpf, das in der Sekunde eine Linie durchkriecht, bewegt sich natürlich unter 300facher Vergrößerung mit einer scheinbaren Geschwindigkeit von 300 Linien in der Sekunde, und bei dem engen Sehfelde des Mikroskops (c. 250 Linien) giebt es da natürlich ein fortwährendes Erscheinen und Wiederverschwinden, ein Vorüberhuschen, Durcheinanderfahren wie bei einem Volksauflauf, und was das Merkwürdige dabei ist, mag das Gewimmel noch so dicht sein, die Bewegungen noch so rasch, das gleitet Alles so sicher und ruhig durcheinander, ohne je sich zu stoßen, zu drängen, es wickelt sich Alles so störungslos ab, wie der Gang einer Maschine.

Ich bitte Dich, lieber Leser, wenn Du an Mikroskope kommen kannst, so sieh' Dir's selbst an. Es ist der Mühe werth, einmal da hinein zu blicken in diese wunderbare Welt, nicht des Sinnenkitzels wegen, den Dir die Paar Minuten, während der Du Dein Auge nicht abwenden kannst von dem Schauspiel, gewähren — nein, wenn irgend

ein Schauspiel der Natur Deine Gedanken wachruft und Dich Fragen stellen macht nach den Ursachen des Seins, so ist es ein Blick durch das Mikroskop auf die Welt der Infusorien. Man muß es selbst gesehen haben, alle Schilderung ist todter, leerer Schall gegen den Eindruck, den es auf den Beschauer macht. Was ich hier thun kann, das ist nur die Hilfe, die ich dem Gedächtnisse biete, um die Formen mit Namen zu nennen, das Verständniß für dieses Leben zu erleichtern und dem Nachdenken zu Hilfe zu kommen, indem ich die Fragen, die sich von selbst aufdrängen, wenigstens soweit beantworte, als man sie heut zu Tage beantworten kann.

Bedeutung des Wortes Infusorien.

Vor Allem muß ich feststellen, daß nicht alle die winzigen Geschöpfe, die ein Tropfen von Sumpfwasser unter dem Mikroskop zeigt, in der Reihe der belebten Wesen die gleiche Rangstufe an Höhe der Organisation einnehmen, daß das Wort Infusorium früher eine viel weitgreifendere Bedeutung hatte als heut zu Tage. Es war dieses Wort so eine Art zoologischer Rumpelkammer, in die man Alles warf, über dessen Natur man nicht vollständig im Klaren war, vorausgesetzt, daß ein solches Wesen eben so klein war, daß man dasselbe nur durch's Mikroskop erblicken konnte.

Man hatte auch früher eine ganz absonderliche Vorstellung von diesen Geschöpfen, man glaubte, daß sie alle eine ganz eigenthümliche Entstehungsart haben, daß sie durch den Zerfall höher stehender Thier- und Pflanzenkörper sich erst bilden, daß sie unmittelbar hervorgehen aus Stoffen, welche die Fäulniß frei macht. Es hatte hiezu der Umstand Veranlassung gegeben, daß die Infusorien hauptsächlich da in großer Menge sich finden, wo organische Stoffe faulen. Eine Zeit lang, kurz nachdem Swammerdam, Leeuwenhoeck, Spallanzani und Andere diese Thiere zum Gegenstande ihrer Forschungen machten, pflegte man alle möglichen thierischen und pflanzlichen Stoffe mit Wasser zu übergießen, und die Infusorienformen, welche sich bin-

nen Kurzem darin einstellten, von der Fäulniß dieser speciellen Stoffe abzuleiten; man unterschied Fleisch-Infusorien, Heu-Infusorien, Blut-Infusorien ꝛc., je nachdem man sie in Aufgüssen dieser verschiedenen Substanzen fand, und gründete auf diesen Umstand eine eigene Lehre von der Entstehungsart organischer Wesen, die heute noch in der Wissenschaft nachwirkt, wenn man auch sie bereits für die meisten Fälle als irrig nachgewiesen hat. Es ist dies die Lehre von der Selbsterzeugung, von der Generatio aequivoca, die sagt, daß Wesen aus dem Zerfall organischer Stoffe sich selbstständig ohne vorausgegangene Eltern entwickeln können.

Ich werde später zeigen, daß diese Lehre ein Körnchen Wahrheit enthält nebst sehr viel Täuschung, Unwahrheit und Trugschlüssen. Kehren wir zurück zur Scheidung dessen, was die Alten Infusorium nannten in das, was bessere Instrumente, genauere Untersuchungen getrennt und geschieden haben.

Sichtung der Infusorien.

Eine Anzahl dieser Wesen hat man als Embryonen höher organisirter, dem bloßen Auge wohl sichtbarer Wesen erkannt. Man hat von den Infusorien abgeschieden die Gruppe der Räderthiere, von denen ich später berichten werde, man hat die Amoeben, diese proteusartigen Geschöpfe, deren Gestalt einem fortwährenden Wechsel unterworfen ist, ausgeschieden und sie in Verbindung gebracht mit einer Klasse von Wesen, die in unseren Meeren eine so große Rolle spielen und durch ihre Kalkschalen so wesentlich zur Formung unserer Erdoberfläche mit beigetragen, und so ist jetzt von der Wissenschaft eine ziemlich streng umgrenzte Gruppe von Thieren unter diesem Namen übrig geblieben. Dabei darf man sich freilich nicht verhehlen, daß wir noch nicht am Ende unseres Wissens stehen, daß mit der Zeit noch diese oder jene Form, ja vielleicht ganze Familien sich ablösen werden, sich von ihnen ein complicirterer Organismus nachweisen lassen wird, als der, den wir noch vor Kurzem mit dem Worte Infusorium

verbanden. Scheiden sich doch heute schon die Infusorien in zwei ziemlich streng gesonderte Abtheilungen, in die geißeltragenden, die sogenannten Flagellaten, und die bewimperten oder Ciliaten.

Die Geißel-Infusorien.

Die geißeltragenden Infusorien oder, wie man sie auch nennt, Monaden, von denen das nachstehende Bild (Fig. 36) einige zeigt (von links angefangen Amphimonas caudata 800 Mal vergrößert, Bodo grandis 500 Mal vergrößert, Phacus pleuronectes 300 Mal vergrößert), sind heute noch unbestritten das, was man unter einem einzelligen Wesen versteht. Ihr Körper ist nicht, wie der der höheren Thiere und Pflanzen, zusammengesetzt aus einer Vielzahl jener concentrisch in einander geschachtelten Bläschen, die wir Zellen nennen, die wir als Bausteine des organischen Lebens kennen; sie sind nur eine einzige Zelle, selbstständig lebend, und Alles, was man an ihnen sieht, die Fetttröpfchen, die Farbstoffkörnchen, die Zellenkerne, sind lauter Dinge, die wir auch in Zellen höherer Geschöpfe wiederfinden, ja auch die zierlichen Schalen, die manchmal ihren Leib einhüllen, und von denen Fig. 37 eine zeigt (von Peridinium tripos), sind kein Beweis einer höheren Organisation. Der Leib dieser Thiere ist nichts anderes, als ein Tropfen organischer Substanz, mit der Fähigkeit begabt, Eindrücke von Außen zu empfangen und durch Bewegungen, durch ein abwechselndes Fluctuiren der Masse in thätige Beziehung zur Außenwelt zu treten.

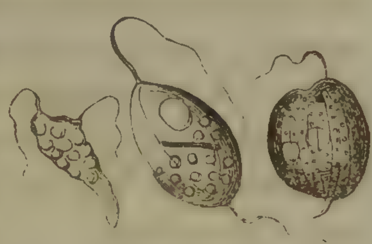


Fig. 36.

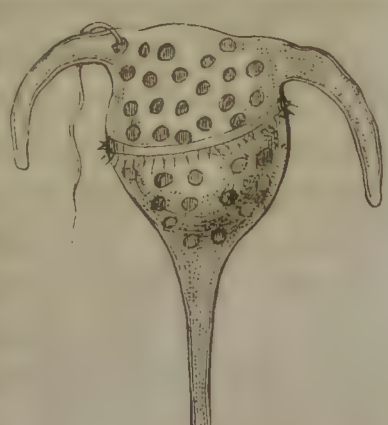


Fig. 37.

In vielen Fällen ist um diesen Tropfen organischer Substanz herum eine weiche Haut abgeschieden, welche die Elemente desselben zusammenhält, und wie schon bemerkt, tritt an ihre Stelle häufig eine Kiesel- oder Kalkschale. Das eigenthümlichste Organ aber an dem ganzen Wesen, das sind die langen Geißelhaare, die entweder einzeln oder zu 2 auch 3 bis 4 an dem Thiere sitzen, die in unaufhörlicher peitschender Bewegung begriffen sind, und dadurch wesentlich zur Fortbewegung dieser Geschöpfe beitragen.

Im Innern des Körpers hat man — freilich mehr bei der andern Abtheilung der Infusorien, den Ciliaten, aber doch auch bei den geißeltragenden — von bestimmten Gebilden nur die sogenannte pulsirende Blase und den Pigmentfleck fixiren können. Die erste ist ein, wie es scheint, wandungsloser Raum der gallertigen Körpersubstanz, der langsam sich mit einer hellen wässerigen Flüssigkeit füllt, und dann plötzlich durch eine Art von Contraction sich entleert. Ein Herz sie zu nennen, kann wohl nur die Bedeutung haben, daß die Blase mit der Durchmischung der Leibesflüssigkeit betraut ist, aber weit gefehlt wäre es, bei diesem Worte an einen complicirten organischen Körper zu denken, der in ähnlicher Weise von den anderen Bestandtheilen des Leibes gesondert und aus Zellen zusammengesetzt wäre, wie das Herz der höheren Thiere; es ist nichts anderes, als eine Lücke in der gallertartigen Leibesmasse. Eben so wenig kann auch das Häufchen kleiner Farbstoffkörner, welches sich in vielen geißeltragenden Infusorien findet, ein Auge genannt werden, sein Bau hat nichts gemein mit dem Auge anderer Geschöpfe; richtig daran mag nur das sein, daß gefärbte Stoffe sicher eine Lichteinwirkung umwandeln in Wärme oder Elektricitätsbewegung, um so dem Organismus fühlbar zu werden, und physiologisch hätte man dann wohl einigen Grund, den Fleck Auge zu nennen.

Man hat sich vielfach darüber gestritten, wie denn eigentlich die Organisation dieser Thiere aufzufassen sei, und ob die Thiere eine Leibeshöhle besitzen, erfüllt von fremden Nahrungsstoffen und durchgehend vom Mund zum After. Bei den geißeltragenden

Infusorien darf man wohl kaum annehmen, daß solche Gebilde vorhanden seien. Unleugbar ist es, daß fremde Körper in den Leib eines solchen Infusoriums eindringen können und in ihm verweilen, um später wieder ausgestoßen zu werden; auch kann bei manchem nachgewiesen werden, daß Ein- und Austritt dieser Stoffe meist an einer bestimmten Stelle des Körpers stattfindet; allein gänzlich zu verwerfen ist nach dem heutigen Stande unseres Wissens die Ansicht, als ob man es mit einem fortwährend existirenden Hohlraume zu thun hätte und mit bleibenden Oeffnungen des Leibes. Der Leib der Infusorien ist nicht anders aufzufassen, als eine gallertartige, breiig weiche Masse, in welche fremde Körper einsinken können, jedesmal einen neuen Weg sich bahnend, und nur insofern kann von einem Mund die Rede sein, als häufig ein Theil des Körpers von jenem feinen Häutchen überzogen ist, welches das Eindringen fremder Körper verhindert, so daß der Eintritt der Nahrungsstoffe nur an den Orten stattfindet, wo das Häutchen von Haus aus fehlt.

Ueber die Fortpflanzung dieser Geschöpfe bleibt noch manche Untersuchung zu machen übrig. So viel wissen wir, daß ein ähnlicher Theilungsprozeß, wie er stattfindet bei den Zellen hoch-

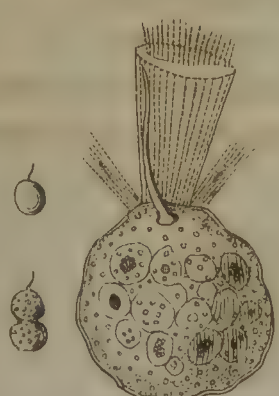


Fig. 38.



Fig. 39.

organisirter Thiere, auch bei diesen Wesen regelmäßig vorkommt, so daß aus einem Geschöpfe zwei neue ihm gleiche werden, wie es Fig. 38

zeigt (Monas guttula in 2000facher Vergrößerung, daneben in 300facher Vergrößerung ein einzelnes Thierchen und eines in der Theilung begriffen). Ja bei manchen kommt eine Art von Zerfall in Sporen vor in der Art, daß das Thier seinen Leib rasch nacheinander in eine größere Anzahl von Partikelchen auflöst, deren jedes dann nach seinem Ausschwärmen aus der Hülle des Muttergeschöpfes zu einem neuen Wesen heranwächst. Fig. 39 zeigt den Entwickelungsgang der Sporen bei Chlorogonium, den allmäligen Zerfall bis zum Ausschwärmen.

Die Wimper-Infusorien.

Reicher an Form und höher an Organisation sind unstreitig die Infusorien, welche man heute als Wimper-Infusorien oder Ciliaten bezeichnet, ein Name, der davon herrührt, daß diese Geschöpfe nicht, wie die vorhergehenden, nur ein oder zwei lange schwingende Geißelhaare tragen, sondern über den größten Theil ihres Körpers mit einer großen Zahl von feinen Flimmerhärchen besetzt sind, deren Spiel eine der reizendsten Erscheinungen darbietet. Diese Flimmerhaare entwickeln eine unendliche Mannigfaltigkeit; bald umgeben sie den ganzen Leib gleichmäßig und hüllen das Thier in einen wogenden Mantel (siehe Fig. 40 Coleps hirtus); bald sitzen die Flimmerhaare nur auf einer Fläche des plattgedrückten Körpers, die dann bei der Bewegung des Thieres dem

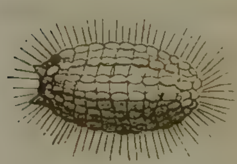


Fig. 40.



Fig. 41.

Boden, auf dem es kriecht, zugewendet wird, so daß dieselben eine ähnliche Rolle spielen, wie die Beine bei den höheren Thieren (siehe Fig. 41).

Kerona silurus, die punktirten Linien zeigen die Richtung an, in der durch das Schlagen der Flimmerhaare das Wasser am Munde vorbeigewirbelt wird; bald sitzen sie in kreisförmiger oder — richtiger gesagt — spiraliger Anordnung um das vordere den Mund tragende Ende des Thieres, wie bei Stentor, Fig. 42, bald sind die Haare



Fig. 42.

unendlich zart und fein, bald lang, borstenartig steif, bald wirbeln sie in unaufhörlicher Bewegung, bald schlagen sie nur mit rhythmischem Schnellen. In Fig. 43 ist eine schematische Darstellung der

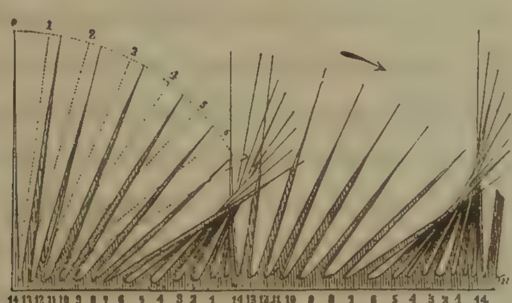


Fig. 43.

Wimpernbewegung gegeben. Man muß sich nämlich die Sache so vorstellen, daß jede Reihe von Wimperhaaren in Abtheilungen von einer bestimmten Zahl (in der Abbildung sind 14 angenommen) zerfällt, in denen die mit gleicher Nummer bezeichneten Haare die gleichen Winkel bei der Bewegung haben. In der Richtung, in der sich die Haare niederlegen, wird das Wasser fortgetrieben und dann natürlich das Thier nach dem Gesetz des Rückstoßes in der entgegengesetzten Richtung bewegt.

Der Körper dieser Geschöpfe ist nicht mehr so einfach gebaut, wie der der geißeltragenden Infusorien. An ihnen ist bald mehr, bald weniger deutlich eine bestimmte Mundöffnung zu unterscheiden,

ausgezeichnet durch die Flimmerhaarbildung an dieser Stelle, durch trichterförmige Einstülpungen des Häutchens, das die Körperdecke umkleidet, ja in sehr vielen Fällen ist auch eine zweite Oeffnung, ein After, wahrzunehmen, der bald unmittelbar neben der Mundöffnung liegt, bald am entgegengesetzten Ende des Leibes. Auch können wir bei ihnen schon wohl unterscheiden zwischen einer dichteren Rindensubstanz des weichen Körperinhaltes und einer dünnerflüssigeren centralen Masse; man sieht dies daraus, daß die festen Nahrungsstoffe, die das Thier in sich aufnimmt, immer in der mittleren Partie des Leibes liegen bleiben und nie in die festere Rindensubstanz eindringen.

Sehr deutlich sichtbar ist ferner in ihnen die pulsirende Blase, die oft in der Vielzahl vorhanden ist, und genaue Nachforschungen haben bei einer Reihe von Wimper-Infusorien kanalartige Ausläufer dieser pulsirenden Blasen gezeigt. Die hier nebenstehenden beiden Abbildungen, Fig. 44, zeigen diese pulsirende Blase mit ihren sternförmigen Ausläufern bei einem unserer häufigsten Infusorien, dem Paramecium aurelia. Dieses Thierchen besitzt zwei solcher Blasen, die eine Figur stellt dieselben im Zustand der Füllung dar, bei der andern ist die Blase in Folge der Zusammenziehung verschwunden und nur die Gefäßstrahlen sichtbar. Die Gefäße durchziehen die festere Rindensubstanz des Körpers, und abwechselnd mit der contractilen Blase füllen und entleeren sie sich.

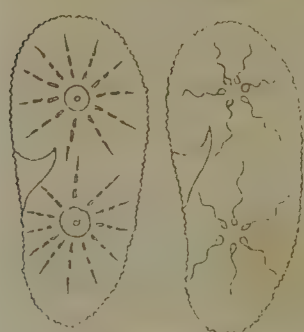


Fig. 44.

Auch stäbchenförmige Gebilde in der Rindenschicht, ähnlich wie sie bei höher stehenden mehrzelligen Wesen vorkommen, hat man an ihnen bemerkt, und es ist leicht möglich, daß genauere Untersuchungen die Wimper-Infusorien als eine eigene Thierklasse trennen werden von den geißeltragenden Infusorien. Vielleicht wird man finden, daß sie Thiere sind, gebildet aus einer Schicht von Zellen, die in

ihrem Innern einen Hohlraum mit Sarkode erfüllt tragen. Ein Umstand ist es hauptsächlich, der eine höhere Organisation dieser Geschöpfe, ein Zusammengesetztsein aus einer Vielzahl von Zellen vermuthen läßt, der Umstand nämlich, daß bei einer Gruppe von Wimper-Infusorien, den sogenannten Vorticellen, eine ähnliche Beschaffenheit der contractilen Substanz vorkommt wie bei den höheren Thieren.

Ich kann nicht umhin, bei der Erwähnung der Vorticellen den Leser auf diese Geschöpfe aufmerksam zu machen, als auf eines der schönsten Objecte aus der Infusorien-Welt. Sie sind gleichsam ein Vorspiel zu den Polypen. Es sind — freilich kommen auch einzeln-lebende vor — baumförmige Colonien von Infusorien-Individuen, die durch die Durchsichtigkeit und Klarheit ihres Körpers, — bei immerhin scharf markirten Contouren, — durch das lebhafte Spiel ihrer Wimperscheibe, ihrer contractilen Blasen und dann durch das merkwürdige Einschnellen der Stiele, auf denen sie sitzen, ein hochinteressantes Schauspiel gewähren. Das Letztere — das Einschnellen der Stiele — war einige Zeit ein physikalisches Räthsel, das sich allerdings auf die einfachste Weise gelöst hat. Ich will Dir zeigen, wie's zugeht. Der Stiel, auf dem die Vorticelle sitzt, ist ein hohles Röhrchen aus einem glashellen elastischen Häutchen. In der Höhle dieses Röhrchens zieht nun ein Muskelfaden nicht so, daß er die ganze Röhre ausfüllt und in ihrer Achse verläuft, sondern er ist weit dünner, und ist in einer langgezogenen Spiraltour an der inneren Oberfläche der Röhre angeheftet. Sobald dieser Muskelfaden sich zusammenzieht, so strebt er seine Spirale in eine gerade Linie zu verwandeln, und die Folge davon ist, daß die Röhre, in der er verläuft, selbst zur Spirale werden muß. Diese Zusammenziehung erfolgt immer rasch, blitzartig, die Ausdehnung geht dagegen langsam vor sich. Es ist höchst interessant, wenn man ein reiches, aus mehreren Hunderten von Individuen zusammengesetztes Vorticellenbäumchen unter dem Mikroskope hat, zu sehen, wie die einzelnen Wesen sich auf ihren langen Stielen weich wiegen, und wie sich dann plötzlich, wenn ein

vorüberfahrendes freies Infusorium sie berührt, da und dort der Stiel, korkzieherartig aufrollend, zusammenschnellt, oder wie das ganze Bäumchen in allen seinen Aesten und Zweigen plötzlich beim Stoße an's Mikroskop wie auf's Commando in allen Stielen sich zusammenzieht, um nach eingetretener Ruhe sich wieder zu dehnen und das sinnverwirrende Spiel der Tausende von Wimperhaaren auf's Neue zu beginnen. Fig. 45 zeigt ein Stück des Stils mit seinem Muskelfaden, dessen Inhalt bereits in ähnlicher Weise in keilförmige Stückchen zerfallen ist, wie der Inhalt der Muskelfäden der höheren Thiere.



Fig. 45.

Die Vorticellen gehören bereits zu den größten Infusorien, und ein aufmerksamer Beobachter sieht sie recht gut mit bloßem Auge, wie sie als feiner Schimmelanflug an der Glaswand des Aquariums oder an den Beinen der Wasserinsecten und den Blättern der Wasserpflanzen haften, die sie oft so überziehen, daß das Thier oder die Pflanze wie mit einem Wollmantel bekleidet aussieht. Auf dem Titelbild sind Vorticellen abgebildet.

Vermehrung und Fortpflanzung.

Schon oben habe ich erwähnt, daß dieses Capitel der Geschichte der Infusorien ein Tummelplatz widersprechender Ansichten war; Dank den unsäglichen Bemühungen einer Reihe von Naturforschern und der immer weiter gehenden Vervollkommnung der Mikroskope sind wenigstens einige Lichtpunkte in diesem dunkeln, so schwer zugänglichen und doch so wichtigen Gebiete aufgesteckt worden.

„Wie so wichtig?“ wird man fragen. Das ist sehr einfach: man mag über die Natur der ersten Wesen, die unsere Erde bevölkerten, nachdenken wie man will, sobald man sich nicht von dem Boden der bisher bekannten Thatsachen und Naturgesetze entfernt, kommt man zu keinem andern Schluß, als daß sie den niedrigsten unserer heut lebenden Geschöpfe ähnlicher gewesen sein mußten, als allen andern. Wenn man also je hoffen darf, auf dem Wege der

Beobachtung diesem größten aller Räthsel nahe zu kommen, so muß es auf dem Gebiete der Infusorienkunde sein und speciell auf dem ihrer Fortpflanzung und Vermehrung.

Doch ich will hier nur das thatsächlich Beobachtete berichten. Ausnahmslos findet sich bei den Infusorien die Vermehrung durch Theilung, es entspricht dies ganz dem einzelligen Charakter dieser Thiere. Die Theilungsfähigkeit ist ja der hervorragendste Lebensvorgang aller Zellen. Durch die fortgesetzte Theilung der Eizelle entsteht der vielzellige Embryo höherer Thiere und Pflanzen, durch fortwährende Theilung der Zellen wächst der Leib der Thiere und Pflanzen. Aus diesem Grunde dürfen wir auch die Vermehrung der Infusorien durch Theilung uns nicht als eine Art von Fortpflanzung denken; es ist vielmehr derselbe Prozeß, der bei uns höheren Wesen bei Entwickelung und Wachsthum statthat. Der Unterschied liegt nur darin, daß bei dem immer nur aus Einer Zelle bestehenden Thiere nach der Theilung die beiden Zellen vollkommen von einander sich entfernen und auf eigene Faust leben, während bei der Zelltheilung, wie sie im Entwickelungsgange mehrzelliger Geschöpfe stattfindet, die Zellen, die durch die Theilung entstehen, an einander kleben bleiben — dadurch wird ja eben das Thier mehrzellig.

Fig. 46 zeigt ein Wimper-Infusorium (Chilodon cucullulus) in den Stadien der Theilung und zwar stellen die drei oberen Figuren die Theilung in der Längsrichtung des Leibes vor, die drei unteren die Theilung der Quere nach. Die letztere ist die Regel, die Längstheilung ist hier vielleicht überhaupt nicht vorhanden, sondern ist ein Copulationsakt, von dem weiter unten die Rede sein wird. Dagegen kommt die Längstheilung ganz entschieden vor bei den Vorticellen, wo

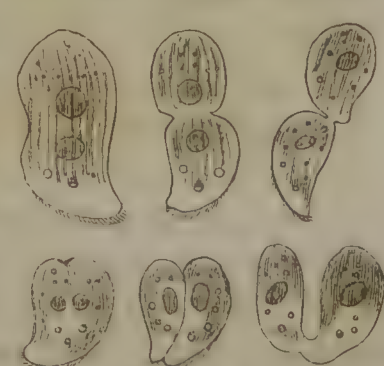


Fig. 46.

sie, wie in Fig. 47 zu sehen ist, am Mundende beginnt. Nach vollendeter Theilung sitzen zwei Individuen auf Einem Stiel; dann



Fig. 47.

wächst jedem derselben an der Basis ein eigener Stiel und so kommt es zur Bildung großer baumförmiger Colonien (siehe Titelbild), in denen Hunderte von Individuen auf gemeinschaftlichem Stiele sitzen.

Welchen Werth die Selbsttheilung der Infusorien für die Vermehrung der Individuenzahl hat, möge der Leser daraus entnehmen, daß auf diese Weise binnen vier Wochen aus Einem Infusorium eine Heerschaar von zweihundertachtundsechzig Millionen vierhundertfünfundvierzig Tausend vierhundertundfünfzehn Individuen werden kann.

Ein eigenthümlicher Prozeß in der Lebensgeschichte der Infusorien, der in gewissem Sinne mit der Fortpflanzung in Verbindung steht und dem wir deshalb hier unsere Aufmerksamkeit schenken wollen, ist die Incystirung, von der Fig. 48 ein Bild giebt. Der Prozeß scheint immer dann zu beginnen, wenn irgend welche Zustände eintreten, die die Lebensthätigkeit der Thiere beeinträchtigen, z. B. beginnende Vertrocknung, Verderbniß des Wassers &c., dann ballen sich die Thiere kugelig zusammen und sondern einen zähen Schleim rings um sich ab, der zu einer glashellen Kapsel erstarrt, die das Thier vollkommen einhüllt. In dieser Situation können die Infusorien vollkommene Vertrocknung ertragen, die Winde können sie aufheben, in weite Fernen entführen und so die momentane Bevölkerung jeder neugebildeten Wasserpfütze, jedes mit Wasser gefüllten Gefäßes bewerkstelligen, die uns früher in solches Erstaunen versetzte. Das Bewundernswürdigste ist, daß es hier geht wie beim Riesen Antäus, der in die Luft gehoben, allerdings schwach und besiegbar

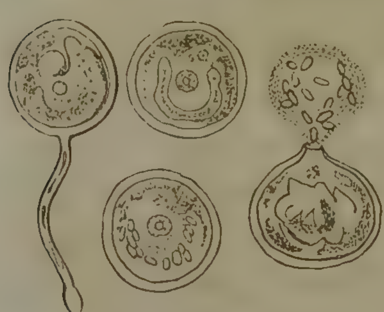


Fig. 48.

wurde, aber, wie er wieder die Mutter Erde berührte, neue Kraft gewann. Wenn nämlich das eingekapselte Infusorium wieder mütterlichen Boden im Wasser gewinnt, so kriecht es nicht etwa wie der Igel aus seinem Winterschlaf hervor, — nein, unterdessen ist sein Körper in eine Anzahl von Sporen zerfallen (siehe die obige Figur), deren jede einem neuen Thiere das Dasein giebt. Diese Sporenbildung geht von dem bandförmigen, geschlängelten Kern aus, der in der Figur deutlich sichtbar ist.

Die Einkapselung dient übrigens noch einem andern Prozeß, den man der Metamorphose der Insecten vergleichen kann. Das in Fig. 49a abgebildete Infusorium wurde früher als Oxytriche beschrieben und abgebildet. Es vermehrt sich durch Theilung und die letzten so entstandenen Thierchen (Fig. 49b) unterscheiden sich bereits wesentlich von der ersten Form. Dieses Theilproduct wird nach einiger Zeit fröhlichen Umherschwärmens bewegungslos, rundet sich ab (Fig. 49c), kapselt sich ein (Fig. 49d), sondert sich in der Kapsel in ein neues Thierchen, das aus der Kapsel ausschlüpft, und einen körnigen Theil, der zurückbleibt (Fig. 49e) und in dem Zustande, in welchem es jetzt frei lebt (Fig. 49f), hieß es früher Trichoda lynceus und unterscheidet sich wesentlich von der Ausgangsform. Man hat noch bei mehreren andern Infusorien solche Metamorphosen entdeckt.

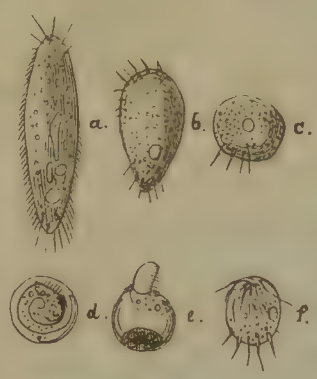


Fig. 49.

Das wichtigste Factum betreffs der Fortpflanzung ist jedoch, daß es gelang, bei mehreren Arten aus der Gruppe der Wimper-Infusorien eine wirklich geschlechtliche Vermehrung zu beobachten. Hier heißt es aber nicht blos bildlich „Zwei Seelen und Ein Leib", hier kommt es zu einer thatsächlichen Verschmelzung der Leiber zweier Individuen, zu einem einzigen Leib. Man spricht deshalb auch bei ihnen nicht von einer Copulation, sondern nennt den Vorgang Conjugation. Die

Figur 50 zeigt uns diesen Akt bei Paramecium. Nr. 1 sind zwei Individuen in Conjugation, beide haben männliche und weibliche Zeugungsdrüsen. a ist der Eierstock (früher, ehe man seine Bedeutung kannte, Nucleus genannt), b die Samenkapsel, die bereits einen Bündel Cförmig gekrümmter Samenfäden enthält — man nannte dieses Gebilde früher Nucleolus. Beide Drüsen haben einen Ausführungsgang, der an dem einen Ende des Mundschlitzes mündet. Die Befruchtung ist eine gegenseitige. Nach derselben verschwindet die Samenkapsel, der Eierstock wird granulirt, zerfällt in mehrere Stücke und es werden jetzt 3 bis 4 Eizellen zwischen den Stücken sichtbar, die in einem gewundenen Ausführungsgang liegen (siehe die durch o bezeichneten Stellen in Nr. 2 der nebenstehenden Figuren); die übrige Masse des Eierstocks zerbricht in immer mehr Stücke, die sich als dunkle Körner durch den ganzen Leib zertheilen. Die Weiterentwickelung der Eier kennt man noch nicht.

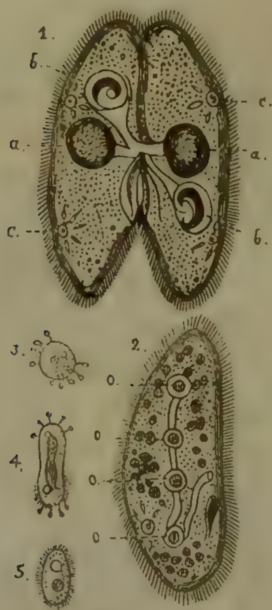


Fig. 50.

In Fig. 50 3, 4 und 5 sind einige sogenannte Acineten abgebildet, kleine Geschöpfe mit geknöpften Saugfäden. Man hielt diese Wesen, die man oft im Körper größerer Infusorien sieht, eine Zeit lang für Junge dieser Thiere und glaubte so, viele Infusorien seien lebendig gebärend. Diese Ansicht hat sich nun als irrig herausgestellt, die Acineten sind Schmarotzerthiere, deren Lebenslauf erst noch zu erforschen ist. So findet sich das Schmarotzerleben bis hinab zu den kleinsten Formen thierischen Lebens als ein allgemeines Naturgesetz, dem alle Wesen, vom Menschen angefangen, sich fügen müssen.

Verbreitung der Infusorien.

Wann Du, lieber Leser, auf die Infusorien Jagd machen willst, so merke Dir Eines, das Infusorium braucht so gut wie jedes andere Thier zu seiner Entwickelung und seinem Gedeihen 4 wichtige Dinge: Licht, Luft, Wärme und Ruhe. Am üppigsten entfaltet sich die Welt der Infusorien in stagnirenden Wässern, welche klein genug sind, um durch die Winde nicht bewegt zu werden, auf welche die Sonne ungestört brüten kann, und wo faulende Pflanzen und Thiere reichlich Nahrung gewähren. Triffst Du auf einem Tümpel, in einem Wassergraben an der Oberfläche ein opalisirendes Häutchen, da bist Du sicher eine reiche Ernte zu halten, denn dieses Häutchen ist nichts anderes als eine Heerschaar von Infusorien, die sich an der Grenze zwischen Luft und Wasser angesammelt haben; denn die Grenze zwischen Luft und Wasser ist die Heimath, die wahre Ursprungsstätte alles organischen Lebens, da wo Luft und Wasser sich mischt, da sind die wichtigsten Existenzbedingungen für alles Thier- und Pflanzenleben vorhanden, und da entfaltet es sich am üppigsten und reichsten.

Jede auffallende Färbung des Wassers darf Dich von vornherein als Ursache das Vorhandensein zahlloser Infusorien gleicher Gattung vermuthen lassen. So wird das Wasser grün gefärbt durch Monas bicolor, Eutreptia viridis, Chlorogonium euchlorum, Euglena viridis und eine Menge anderer Infusorien und zwar so, daß die ganze Wassermasse gefärbt ist. Schwarze Färbung des Wassers — der sogenannte Tintenregen — ist nichts anderes als das Schwärmen von Ophryoglena atra oder Stentor niger. Manche Astasien färben das Wasser gelb, und roth wird es von Euglena sanguinea, Astasia haematodes, verschiedenen Monaden ꝛc. Die rothe Färbung, der „Blutregen", hat dem Aberglauben die meiste Nahrung gegeben, besonders ist es die Monas prodigiosa, die selbst an trockenen Orten, in geschlossenen Schränken, auf Speisen, auf geweihten Hostien erscheint und so im Mittelalter die blutigsten

Judenverfolgungen verursachte. Auch der Schnee der Gebirge ist öfters ganz roth gefärbt durch Monas scintillans, Astasia nivalis, Bursaria arborum.

Das Leuchten des Meeres wird ebenfalls theilweise von Infusorien zu Stande gebracht aus der Familie der Geißelthierchen, nämlich manchen Ceratium- und Peridiniumarten. Im Allgemeinen ist jedoch das Meerwasser nicht so reich an Infusorien, weder in Individuen- noch in Artenzahl, als das Süßwasser. Nach Bronn's Zusammenstellung leben von 590 bekannten Infusorienarten 506 im süßen Wasser und nur 140 im Meere (mithin 56 an beiden Orten). Arm an Infusorien ist ferner Quell- und Flußwasser.

Lehrreich für die Verbreitung der Infusorien ist der Umstand, daß sie so massenhaft in Regenwasserpfützen auftreten, es ist dies ein Beweis, wie viele eingekapselte Infusorien als Staub in die Luft wirbeln müssen, die dann der Regen herabwäscht und zu neuer Entwickelung bringt.

Uebrigens wer Infusorien suchen und in möglichst zahlreichen Arten kennen lernen will, dem steht die ganze Welt offen; im Firnschnee, im Gletscherwasser, in Thermen, in Salzsohlen, im Hintergrunde der Kalksteinhöhlen, in den tiefsten Schachten, kurz überall wo, wenn auch nur vorübergehend, Feuchtigkeit vorhanden ist, hat man Infusorien gefunden. Als Polypenläuse (Kerona, Oxytricha, Trichodina) laufen sie auf den Süßwasserpolypen umher; Opalinen, Plagiotomen ꝛc. leben schmarotzend im Darmbrei der Ringelwürmer, Planarien, Wasserschnecken und Frösche. Ein Paramecium kommt sogar bei darmkranken Menschen in unglaublichen Mengen in der Nähe der kranken Stellen vor. Ob Ursache oder Folge der Krankheit, muß die Zukunft lehren.

Doch genug von dieser wunderbaren Welt, die die Basis alles organischen Lebens ist, die allgegenwärtig alle unsere Süßwasseradern durchdringt, freilich nur da zur Entfaltung kommend, wo die nöthige Ruhe ihr gegeben ist, die aber dort unter allem thierischen Leben die wichtigste und erste Rolle spielt. Wenn Dich meine Worte mit

einigem Interesse für diese winzigen Geschöpfe erfüllt haben, so durchblättere einmal das schöne Werk, das Ehrenberg über diese seine Lieblinge verfaßt hat und siehe die Zeichnungen an. Denn um all' das, was dieser Mann in mehrere Decennien langem Bemühen zusammengesammelt und beobachtet hat, in natura zu sehen, würdest Du auch eben so lange brauchen. So aber durchfliegst Du, von Blatt zu Blatt schreitend, alle die unendlichen Räume der Welt, da siehst Du, was echter Forschertrieb zu leisten im Stande ist, und hohe Achtung wird das Gefühl sein, mit dem Du das Werk bei Seite legst, Du wirst ungewiß sein, was Du mehr bewundern sollst, den Reichthum der Natur oder die Willenskraft, die der Mensch auf die Erforschung ihrer Geheimnisse verwendet.

II.

Die Wurzelfüßer.

Stellung im Haushalt der Natur.

Sieh hier das umstehende Bildchen (Fig. 51); betrachte die unendlich zierlichen Formen, die feinen Schälchen schneckenartig aufgerollt, Kammer an Kammer, immer größer werdend, die anderen, wo die Kammern zweizeilig stehen, wieder immer eine größer als die vorhergehende, und alle die anderen zierlichen Schälchen, die Bruchstücke mit den großen Poren, die Kreise und Sterne, — was glaubst Du, daß das ist?

Das ist Schlamm des rothen Meeres, heraufgeholt aus einer Tiefe von 5000 Fuß, den mir der Ingenieur, der das Telegraphentau durch das rothe Meer legte, geschenkt hat. Es ist nichts davon hinweggenommen und nichts hinzugethan, — blos die aller-

feinsten Theilchen wurden abgeschlemmt — sowie es vor Dir im Bilde liegt, sieht das kleine Staubhäufchen aus, das ich davon unter mein Mikroskop legte.

„Was soll's damit," wirst Du fragen, „was interessirt es mich, woraus im rothen Meere der Schlamm in 5000 Fuß Tiefe besteht, was nützt es dem Menschen, wenn er das weiß?" Du hast Recht; Du brauchst Dich den Kukuk darum zu scheeren, ob am Grunde des rothen Meeres die Schalen von Wurzelfüßern oder die Knochen von

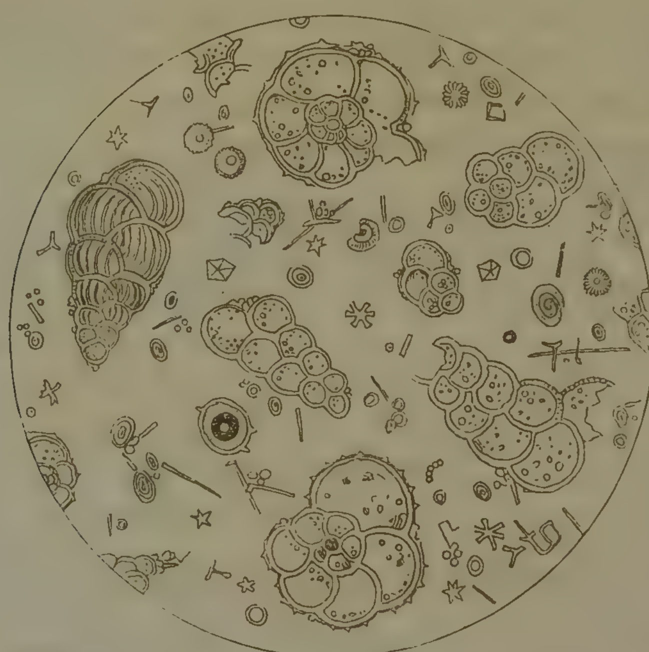


Fig. 51.

Pharao und seinem Heere ruhen, aber wenn ich Dich nun ein Bischen auf unserm Erdballe herumführe, wenn wir mit dem Senkloth in der Hand von Meer zu Meer fahren und das, was an dem Talg des Lothes klebend in die Höhe kommt, unter's Mikroskop legen, und Du findest immer dasselbe — Du findest nicht blos an den Küsten, nicht blos im seichten Wasser, nein, über die ganze Wüste des Oceans zerstreut bis hinunter zu Tiefen von 16,000 Fuß immer und überall diese Schalen, bald in größerer, bald in geringerer Menge beisammen, dann wird Dich's doch anwandeln, als ob Du hier vor

einer Erscheinung stehest, die werth ist, daß man sie genauer betrachtet, die tiefer in das Leben und die Bildung unseres Erdkörpers eingreift, als Du vermuthest, wenn Du erfährst, daß diese Schälchen noch nicht einmal so groß sind, daß das bloße Auge sie als Staub wahrnimmt.

Doch halt! gieb mir Deine Visitenkarte, schaben wir ein Bischen von dem weißen Ueberzug ab, lösen es im Wasser auf zu feinem Pulver und bringen es unter's Mikroskop (Fig. 52). Du



Fig. 52.

staunst; dieselben Schalen! „Ja," wirst Du mich fragen, „werden denn die Visitenkarten aus Meerschlamm gemacht?" Allerdings! „Ja wie so? ich glaubte, das sei geschlemmte Kreide, mit der sie überzogen sind." Ganz recht, Kreide ist es, die den Ueberzug der Visitenkarten herstellt. Aber was ist die Kreide? Da liegt's eben. Diese kleinen Thierchen, die Du da auf Deinem Bildchen siehst, das sind die Baumeister, die mit ihren Schalen die Kreide verfertigt haben. Erstaunt wirst Du fragen: „Wie geht das zu? die Kreide ist ja ein Fels, der weitgedehnte Länder umsäumt viele Hunderte

von Fußen dick, und liegt am trockenen Lande; wie kommen diese Thierchen dazu, diese Felsen aufzubauen?"

Und doch ist dem so; das ist eben eins von den großen Räthseln, die Niemand anders gelöst hat, als das Mikroskop; das ist eins von den Wundern der Natur, größer als alle 7 Weltwunder der Alten. Wer war der Baumeister, der jene Klippen und Gestade gebildet, an denen heute der Sturm unsere Schiffe wie Nußschalen zerschellt, die auf Hunderte von Meilen Länge einen Wall aufgebaut haben, berechnet für die Ewigkeit? Der kleine Baumeister, der das gemacht hat, ist ein Thier, kaum sichtbar mit bloßem Auge, und wo hat das Thier dieses Bauwerk ausgeführt? In der Tiefe des Oceans; da sank Schale um Schale hinab durch Aeonen den Meeresboden erhöhend und aufbauend, und der Druck des darüber lastenden Wassers und der bindende kohlensaure Kalk haben diese Schälchen zusammengebacken zur Felsenmasse und dann sind sie durch die Macht der unsere Erdveste hebenden Kräfte des Erdinnern heraufgehoben worden an's Tageslicht, Königreiche und Länder auf ihren Schultern tragend.

Steige auf den Montmartre, übersieh das Häusermeer, das sich vor Dir ausbreitet, die Stadt Paris mit ihren Häusern, Palästen, Hütten und Triumphbogen, glaubst Du vielleicht, Menschenhand allein war es, die das alles aufbaute? Schlage ein Stückchen ab von dem Steine, aus dem Paris gebaut ist, und Du wirst finden, daß wieder diese kleinen Schalen es sind, aus denen er besteht, daß wieder jene kleinen Geschöpfe die Baumeister waren, die das Material herbeigetragen.

Oder gehe zu den größten Bauwerken des Menschengeschlechtes, den Pyramiden von Gizeh, den Katakomben von Theben in Aegypten, jedes Kalkstückchen, aus dem sie erbaut sind, besteht aus Milliarden der zierlichen kleinen Schalen von Foraminiferen.

Du kennst wohl unsere Kalkalpen, jene mächtigen Gebirgszüge, die rechts und links im Süden und Norden die Flanken unseres höchsten Gebirgszuges bilden, mit Bergkolossen, die Jahr

aus Jahr ein die Schneehaube tragen. Wer hat sie aufgebaut? Zum großen Theile wieder unsere kleinen Baumeister. Nimm einen solchen Kalkstein, schleife ihn, glühe ihn vor dem Löth-



Fig. 53.

rohr bis zur Rothglühhitze, dann lasse die Sonne darauf scheinen und betrachte ihn unterm Mikroskop, und Du siehst die feinen weißen Linien, die Querschliffe der Schalen, wie das Bild (Fig. 53) sie Dir zeigt.

Und nun folge mir weiter über's Festland. Von den Kreidefelsen Englands angefangen über die Kalksteine des Pariser Beckens, die Kalkalpen, die Küsten des Mittelmeeres fort hinein nach Asien, hinüber bis an den Himalaya, alle diese Kalkgebirge in Schichten von mehreren Tausend Fuß Mächtigkeit, sie sind hauptsächlich ein Bauwerk der Wurzelfüßer.

Doch kehren wir zurück zu den lebenden Thierchen. Es sind alles mit wenigen Ausnahmen, von denen ich später reden werde, Bewohner des Meeres. Der Seesand unserer heutigen Küsten besteht an sehr vielen Stellen zu $^1/_4$, ja manchmal bis zu mehr als der Hälfte aus Wurzelfüßer-Schalen; Bianchi zählte an der Küste von Rimini am adriatischen Meere bei schwacher Vergrößerung in einer Unze des Sandes 6000 Schalen, Max Schultze fand in dem 10. Theile eines Gramms Sand vom Molo di Gaëta 500 Schalen, so daß also eine Unze, d. i. 2 Loth, nicht weniger als $1^1/_2$ Millionen Schälchen enthielte. D'Orbigny berechnet gar deren Menge im

Sand von Cuba in der Unze auf 3,840,000 Schalen, und so sehen wir, wie heute noch in den Meeren unserer Jetztzeit derselbe Proceß der Kalksteinbildung vor sich geht, der seit undenklichen Zeiten an unserer Erdveste gearbeitet hat. Kann man da nicht mit unsern Vorfahren sagen: „Die Steine wachsen?" Ja freilich wachsen sie; drunten am Grunde des Oceans, da sitzen sie alle, die Baumeister, rastlos arbeitend für die Ewigkeit.

Und noch mehr wundern wirst Du Dich, wenn ich Dir diese kleinen Geschöpfe, vor denen Du nun gewiß schon einigen Respect bekommen hast, näher beschreibe. Die Beschreibung klingt freilich viel prosaischer als die Erzählungen der alten griechischen Fabeldichter von den Titanen, die den Ossa auf den Pelion thürmten, um den Olymp zu erstürmen; die Titanen, die das gethan, haben nicht gewaltige Glieder, gebaut aus baumdicken Knochen, umgürtet von riesenstarken Muskeln, durch die das Blut gejagt wird, und die der Nerv spannt; nein, wenn Du mich frägst, welche Thiere die allergeringsten Kräfte besitzen, den allereinfachsten Bau, die allerhinfälligste Natur, so werde ich Dir keine anderen nennen, als die Wurzelfüßer oder, wie wir Zoologen sie auch nennen, die Foraminiferen oder Polythalamien, und neben sie werde ich noch eine zweite Gruppe von Thieren stellen, die Polycystinen, von denen ich Dir später erzählen werde.

An diesen Thieren sieht man die Macht des Kleinen auf der Erde, die Macht rastloser Arbeit, die nichts anderes fordert als Zeit, Zeit und wieder Zeit: „Time is money!" gilt von der Natur so gut wie von Handel und Wandel.

Der Leib der Wurzelfüßer und seine Verrichtungen.

Was ist ihr Körper? Ich kann Dir keine andere Beschreibung geben, als, es ist ein Klümpchen flüssigen Schleims, in dem selbst die stärksten Vergrößerungen des Mikroskops nichts anderes erblicken lassen, als kleine, äußerst feine, glänzende Körner, die in beständiger langsam fließender Durcheinanderbewegung begriffen sind,

dazwischen größere und kleinere Fetttröpfchen, kaum den tausendsten Theil einer Linie messend und einige zerstreute ganz blasse Bläschen, kaum etwas größer, bald homogen, bald mit feinen Körnchen erfüllt. Von einem Organ, wie wir's bei den höheren Wesen zu erkennen gewohnt sind, ist keine Spur zu erblicken, kein Nervensystem, kein Gefäßsystem, kein Darmcanal, nichts dergleichen. Kurz, das ganze Thier ist, wie schon gesagt, nichts anderes als ein Tropfen lebendigen Schleims, nicht einmal eine Zusammensetzung aus Zellen ist in ihm wahrzunehmen.

Die Macht dieses Thierchens beruht nur darauf, daß es wenigstens in der bei weitem größten Mehrzahl seiner Arten um sich eine Schale absondert, aufgebaut aus kohlensaurem und etwas phosphorsaurem Kalk. Diese Schale ist, sobald das Thier irgendwie größere Dimensionen annimmt, von einer großen Anzahl feiner Poren durchbohrt, wie es die nebenstehende Fig. 54 zeigt, und zwar sind es gerade diese Poren, die den Schalen der Wurzelfüßer ein so zierliches Ansehen unter dem Mikroskope geben. In vielen Fällen fehlen jedoch diese Poren, und es findet sich nur eine einzige oder einige wenige Oeffnungen an der Schale, um die Communication des in der Schale befindlichen Thierkörpers mit der Außenwelt herzustellen. Zwischen der Kalkschale und der schleimigen Körpermasse — die Zoologen nennen diesen Schleim, aus dem das Thier besteht, Sarkode — findet man ein glashelles weiches Häutchen, das ein genauer Abdruck der Schale selbst ist mit allen ihren Poren und Sculpturen, und das vielleicht nichts anderes ist, als die jüngste noch nicht durch Kalksalze erhärtete Schicht der Schale.

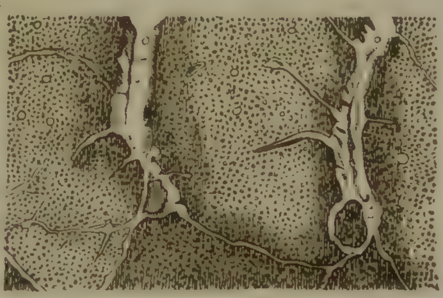


Fig. 54.

Doch von der Schale wollen wir im nächsten Capitel reden und zunächst den lebendigen Leib des Thieres kennen lernen, denn der ist nicht allein deshalb interessant, weil er der Baumeister dieser

unglaublichen Massen von Kalkschälchen ist, sondern auch namentlich deshalb, weil er uns einen tiefen Blick in das innerste Walten des Lebens thun läßt.

Betrachte den Verkehr, den die Wurzelfüßer mit der Außenwelt unterhalten, speciell die Art, wie sie sich ernähren. Am Seestrande hat man's am leichtesten; wohl giebt es auch im Binnenlande in unseren süßen Gewässern Wurzelfüßer — und ich habe, weil wohl die meisten meiner Leser dem Seestrande fern sind, in Fig. 55 eine Süßwasserform abgebildet, die man an Conferven hängend findet, die Gromia oviformis — wer's aber thun kann, der nehme eine Hand voll frischen Seesandes oder Schlammes aus der Nähe solcher Stellen am Meere, wo der Strand eine reiche Algenvegetation enthält oder zwischen Austernpfählen, lege ihn in ein hohes Glasgefäß und gieße das Seewasser so darauf, daß das Wasser sich nicht trübt — der kleine Vortheil, den man anwendet, um diese Trübung zu vermeiden, besteht darin, daß man den Sand oder Schlamm sorgfältig mit Fließpapier bedeckt und das Wasser dann mittelst eines Hebers auf's Papier laufen läßt. — Am folgenden Tage sieht man denn schon mit bloßem Auge — denn sehr viele Wurzelfüßerarten des Seesandes sind mehr als Mohnsamen groß — kleine Körperchen an der Glaswand hängen, ja bei günstiger Beleuchtung und wenn man einmal geübt ist, bemerkt man auch schon ohne Vergrößerungsglas, sicher aber mit einer starken Lupe das zarte Netz von Schleimfäden um das Schälchen herum (Fig. 56). Mit einem feinen Pinsel kann man jetzt das Thierchen von der Glaswand abnehmen und in ein kleines Uhrglas bringen oder, was noch bequemer ist, in die von unsern Mikroskop-Fabrikanten eigens zur Beobachtung kleiner lebenden Wasserthiere angefertigten Reservoirs.

Unter dem Mikroskop entfaltet sich nun eines der fesselndsten Schauspiele mikroskopischen Sehens. Meistens wird es nicht lange dauern, so kommen aus den feinen Poren (Fig. 56) oder (wie in Fig. 55) aus der großen Oeffnung am spitzen Ende der eiförmigen Schale zarte Schleimfäden zum Vorschein. Die fließen nach allen

Richtungen geradlinig aus, strahlenförmig umgeben sie die Schale, theilen sich gablig, da verschmilzt eins an seinem Ende

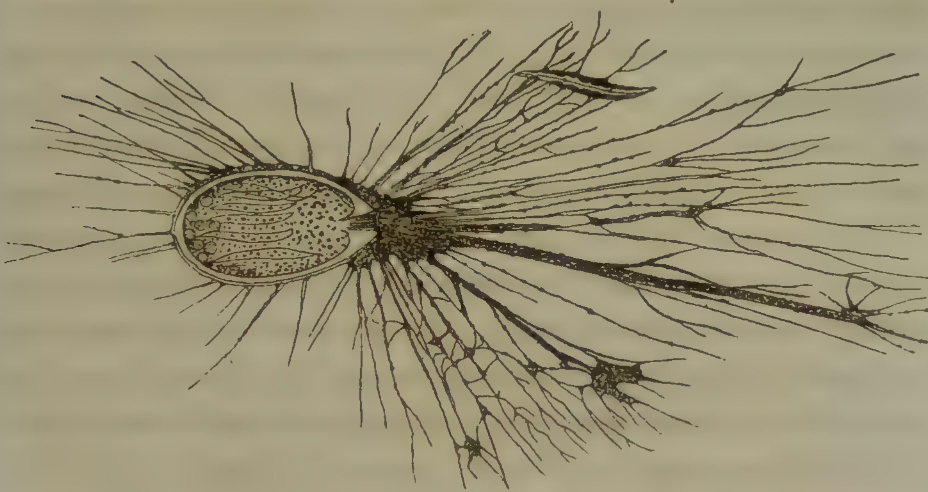


Fig. 55.

mit dem nächst liegenden Faden, immer dichter und reicher werden die Fäden, eine Partie derselben vereinigt sich in einem breiteren



Fig. 56.

Strom, dort entsteht ein engmaschiges Netz von Fäden, wobei es an den Knotenpunkten des Netzwerkes meist zu einer Anhäufung von Sarkode

kommt. In diesem sieht man die schon Eingangs genannten feinen glänzenden Körnchen in stets fließender Bewegung; in den feinsten Fäden laufen sie nur nach einer Richtung — gegen das freie Ende —, in allen stärkeren aber sieht man, wie sie an der einen Seite des Fadens hinauslaufen bis zur Spitze und dort angelangt umkehren, um auf der andern Seite wieder zurückzulaufen, so daß ein solcher Faden einen ähnlichen Anblick bietet, wie ein sogenanntes Paternosterwerk.

Die Fäden sowie der ganze lebendige Leib des Thieres — abgesehen von der Schale — ist gänzlich hüllenlos, Beweis dafür ist, daß die Fäden an jeder Stelle ihres Verlaufes mit einander verschmelzen können, und daß man an solchen Verbindungsstellen deutlich sehen kann, wie die Körnchen von dem einen Faden hinüberfließen in den anderen.

Das Interessanteste jedoch ist, wenn die Fäden in ihrer Vorwärtsbewegung auf einen fremden Körper, eine Bacillarie, Navicelle ꝛc. stoßen. Kaum hat der Faden denselben berührt, so wird die fließende Bewegung lebhafter in ihm, die benachbarten Fäden senden ihm mit Zweigfädchen Verstärkung oder fließen rascher, um ebenfalls an's Ziel zu gelangen. Immer dichter wächst das Fadennetz und bald ist der zur Nahrung — denn das ist der Grund des Wettlaufs — bestimmte Körper — in Fig. 55 ist es eine Navicelle — in ein Klümpchen desselben Schleims eingehüllt, aus dem die Fäden selbst und der in der Schale zurückgebliebene Leib des Wurzelfüßers besteht, eingehüllt. Sobald dies geschehen, beginnt auch sogleich die Verdauung, die Navicelle wird immer blässer und blässer, der Inhalt derselben wird aufgelöst, mischt sich mit dem lebendigen Schleim, der sie umhüllt und bald ist von ihr nichts mehr übrig als die leere Schale. Jetzt fängt der Schleimfleck, der die Navicelle einhüllte, an immer kleiner zu werden, in den Fäden, durch die er mit dem übrigen Leib zusammenhängt, gewinnt die rückwärts fließende Bewegung immer mehr die Oberhand, in dem Netzwerk reißt Faden um Faden, der Schleimfleck wird zum lockern Netze, in welchem auch Knoten um Knoten sich löst und bald ist das alles verschwunden: an der Stelle, wo er war, liegt die leere Navicellenschale und die Fäden

haben sich zurückgezogen, um an einer andern Stelle auf's Neue ihr Spiel zu beginnen. In andern Fällen, wenn der ganze Leib des Thieres nachrückt, kommt es nicht zu einem Zurückziehen der Fäden, sondern der Wurzelfüßer fließt gewissermaßen über seine Beute hinweg, sie ausgesogen hinter sich zurücklassend. Bei Wurzelfüßern mit großer Oeffnung der Schale wird auch öfters der Bissen in das Innere derselbe aufgenommen — so sieht man in Fig. 55 einige Navicellenschalen im Leib des Wurzelfüßers drinnen — aber da die bei weitem größte Mehrzahl der Wurzelfüßer so feine Poren besitzt, daß solche fremde Körper nicht in's Innere des Leibes eindringen können, so ist die Verdauung außerhalb des Körpers so zu sagen die Regel.

Ich kann den Leser versichern, daß ich oft stundenlang dem Spiele dieser Thiere zugesehen habe, es hat für den, der es zum ersten Male sieht, diese Art der Nahrungsaufnahme etwas so Fremdes, Eigenthümliches, daß man's dutzendmal sehen und wieder sehen will, um sich's recht fest einzuprägen und gewiß zu sein, daß man sich nicht getäuscht, daß man es wirklich hier mit einem Wesen zu thun hat, dessen Körper ein belebter, in eine Unzahl von Strömchen zertheilbarer und wieder vereinigbarer Schleim ist, mit einem Wesen, das außerhalb seines Körpers verdaut, oder wenn man es besser ausdrücken will, das einen Theil seines Körpers durch die Poren der Schalen hinausschickt, um draußen das Geschäft der Verdauung zu besorgen, das auf diese Weise sich außerhalb seines Körpers eine Art von Magen, wenn man so will, improvisirt, um die Beute aufzulösen und das Nahrungsmaterial durch die Strömung in den Fäden in sich hinein zu leiten.

Ueber die Fortpflanzung dieser Geschöpfe ist noch nichts Sicheres bekannt. Zweifellos scheint es, daß viele Klümpchen der Sarkode, die aus der Schale des Mutterthieres ausgeflossen und mit ihr außer Zusammenhang gekommen sind, fortleben, eine neue Schale um sich bilden und so eine eigene Art der Vermehrung durch die Selbsttheilung eingehen. Auch sind Andeutungen vorhanden, daß eine Auflösung des ganzen Körpers in Keimkörner oder, wenn

einige Beobachtungen von einer Conjugation, die man gemacht hat, auf geschlechtliche Vorgänge deuten, in Eier stattfindet.

Es bleibt hier noch ein Stückchen Arbeit für das Mikroskop zu thun übrig, denn gerade die immense Zahl, in der diese Geschöpfe vorkommen, durch die sie erst ihre Bedeutung im Haushalte der Natur erlangen, fordert uns auf, die Fortpflanzungsgeschichte dieses merkwürdigen Geschöpfes klar zu entziffern. Nur wenige meiner Leser werden eine Vorstellung davon haben, mit welchen Schwierigkeiten derlei Untersuchungen verbunden sind, welche Masse von Fleiß, von Ausdauer und Geduld dazu gehört, um die Lebensgeschichte solch' kleiner Geschöpfe zu verfolgen. Doch auch hier führt die Beharrlichkeit zum Ziel, von der die Naturforschung schon so viele glänzende Proben abgelegt hat.

Die Schale der Wurzelfüßer.

Es ist der Mühe werth, gerade bei diesen einfachen Geschöpfen zu sehen, wie die Natur trotz der Einfachheit des Baues im Stande ist, den unglaublichsten Formenreichthum zu erzeugen. Was ist die Grundgestalt aller Wurzelfüßer? — wir reden hier natürlich nur von der Schale, denn der eigentliche lebende Körper hat, wie aus seiner Beschreibung klar geworden sein wird, nicht das Geringste von einer irgend fixirbaren Gestalt, er ist der vollendetste Proteus — ich sage, was ist die Grundgestalt der Wurzelfüßer? Ein eiförmiges Bläschen, wie es oben in Fig. 55 die Gromia zeigt, und wie es nebenan in Fig. 57 die Arcellen und Difflugien Dir wieder bieten; und nun sieh zu, was die Natur alles aus diesem einfachen Elemente aufzubauen im Stande ist! Doch ich muß hier noch etwas hinzufügen, was vor diesem Zustande liegt. Es giebt nämlich Wurzelfüßer, die gar keine Schale besitzen, die nichts anderes sind, als ein wandelbarer Tropfen von Schleim. Man findet sie in unseren Süßwässern.



Fig. 57.

Fig. 58 zeigt ein solches Thierchen in der Wandelbarkeit seiner Form, die **Amoeba princeps**. Die Amöben, die eine ganze Familie bilden, unterscheiden sich wohl in Bezug auf die Beschaffenheit der Sarkode von den beschalten Wurzelfüßern, und namentlich auch dadurch, daß die Sarkode nicht hüllenlos ist, sondern in ein dehnbares Zellhäutchen eingeschlossen; da wir aber der Sarkode wegen der Aufschlüsse, die sie uns über das Wesen der Lebensvorgänge giebt, einen eigenen Abschnitt widmen wollen, in dem auch der Amöben noch einmal ausführlicher gedacht werden wird, so wenden wir uns jetzt ausschließlich der Betrachtung des Schalenbaues der Wurzelfüßer zu.

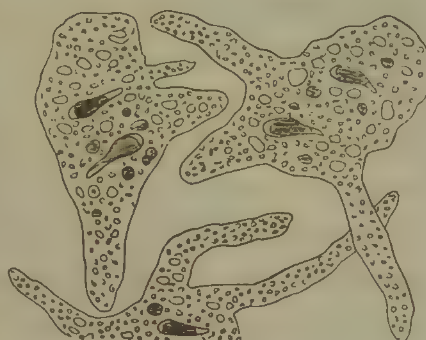


Fig. 58.

Wie schon gesagt, ist die Grundgestalt eine eiförmige, mit feinen Poren oder einfacher Oeffnung versehene Schale. Beispiele hierfür sind Gromia (siehe oben Fig. 55), Arcella und Difflugia (siehe oben Fig. 57). Dieses einfache Element kann nun zunächst allein bleiben, aber in die Länge gezogen und schneckenartig aufgewunden werden, dies giebt die Familie der Cornuspiriden. Fig. 59 **Cornuspira planorbis**.



Fig. 59.

Diese beiden Familien nennt man zusammen Einkammerige (**Monothalamien**), weil sie nur aus Einer Schalenzelle bestehen. Die größte Mannigfaltigkeit aber erreicht die Natur erst dann, wenn sie anfängt, dieses einfache Element wie der Künstler als Baustein zu behandeln, aber als plastischen, wenn sie Zelle an Zelle fügt, und die sogenannten vielkammerigen Wurzelfüßer, die **Polythalamien** erzeugt. Da entwickelt sie plötzlich eine Reichhaltigkeit, die an's Unglaubliche grenzt. Selbst auf die Gefahr hin, den Leser zu ermüden, werde ich ihn wenigstens durch die Hauptformen hindurchführen, denn nur der, welcher an so einfachem Elemente, und das sind gewiß die Wurzel-

füßer, den Spuren der Natur gefolgt ist, der sieht, wie sie hier gleich alle Combinationen erschöpft, dem eröffnet sich das Verständniß für die Mannigfaltigkeit der Lebewelt überhaupt. Ich werde bei keiner Ordnung mehr es versuchen, den Leser durch ein solches Labyrinth hindurch zu führen, denn dorthin, wo die Natur nicht blos mit Zellen gleicher Art baut, wo sie die Zellen nicht blos einfach nebeneinander setzt, wo sie sie schichtet, verbindet, die Schichten wieder strahlig zerbricht, dahin zu folgen, ist dem Nichteingeweihten kaum mehr möglich, und es ist auch nicht nothwendig. Bei den Wurzelfüßern da geht's noch, da haben wir es blos mit den Möglichkeiten der Aneinanderreihung gleichartiger Elemente zu thun, und wenn der Leser mir dahin durchgefolgt ist, dann wird er sich nicht mehr wundern über die Reichhaltigkeit der Natur, im Gegentheile er wird sich wundern, daß es nicht noch weit mehr Formen von Thieren und Pflanzen giebt.



Fig. 60.

Bei der Betrachtung dieses Aufbaues fangen wir am besten an mit der Form, wo die einzelnen Kammern planlos ohne jede Spur von Regelmäßigkeit zusammengehäuft sind, den Acervulinen, deren eine Fig. 60 zeigt. Eine zweite Form ist die, welche jede dieser Zellen, während die erste als Kern in der Mitte stehen bleibt, bandartig auszieht, die Zellen der Reihe nach aneinanderfügt und sie in mehreren Meridianen über die Pole der ersten Zelle aufwickelt, wie wir einen Fadenknäuel aufwickeln. Es sind dies die 2 Familien der Milioliden und Fabulariden, deren eine Fig. 61 zeigt. Die dritte Form wird dadurch zu Stande gebracht, daß die Kammern wechselreihig zusammengefügt sind, so daß sie das Bild einer Fruchtähre wiedergeben. Es gehören dahin 3 Familien, von denen ich eine Art, **Textilaria Mariae**, in Fig. 62 dargestellt habe.

Eine vierte Form ist die, daß die einzelnen Zellen in gerader Linie aneinandergereiht sind, in Fig. 63 (einer Nodosarine) sind

die einzelnen Kammern nahezu gleich groß, in Fig. 64 (Pavonina flabelloides) liegt die kleinste als jüngste voran und die folgenden reihen sich bogenförmig immer breiter werdend an sie an.



Fig. 61.

Die letzte Hauptform endlich sind die, in welchen die Kammern spiralig um ihre Achse gewunden sind, gerade so, wie wir es bei

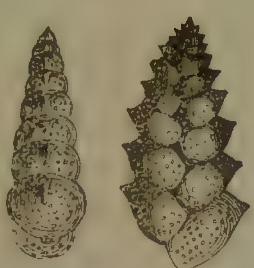


Fig. 62.



Fig. 63.



Fig. 64.

den Kammern der Ammonshörner wiederfinden. Diese eigenthümliche Anordnung war auch der Grund, daß die ersten Entdecker dieser kleinen Gehäuse diese Thiere in dieselbe Klasse einreihten, der die Ammoniten angehören, in die der Tintenfische, ein Irrthum, wie er nicht größer gedacht werden kann, denn der Tintenfisch ist unter allen wirbellosen Thieren so ziemlich das höchst organisirteste Geschöpf.



Fig. 65.

Am besten sieht man diese spiralige Aneinanderreihung bei der Fig. 65. Die Natur hat uns nämlich förmliche anatomische Präparate von diesen Geschöpfen an=

gefertigt und aufbewahrt, indem sie die Höhlung der Kammern sowie die sie verbindenden, die Scheidewände durchbohrenden Canäle mit fester Kieselsäure ausgoß und dann die Kalkschale selbst auflöste, so daß nur die Ausfüllung, der sogenannte Steinkern, übrig blieb, Fig. 63 zeigt einen solchen Steinkern. Man unterscheidet deutlich die Ausfüllungen der einzelnen Kammern von der ältesten kleinsten kugligen angefangen und alle sind zusammengehalten durch kurze Stiele, die nichts anderes sind, als die Ausfüllungen der jede Kammer mit der nächstfolgenden verbindenden Communicationsröhre.

Diese Familie der schneckenwindigen Wurzelfüßer oder sogenannten Helicostegien ist die formenreichste. Die Spirale, in der die Kammern, wobei wieder immer die jüngste innerste die kleinste, die letzte älteste die größte ist, aufgerollt sind, kann entweder in einer



Fig. 66.

Ebene liegen, so daß das Thier scheibenförmig bleibt (siehe Fig. 66 Robulina ariminensis); es sind dies die Nautiloideen; oder die Spirale kann schraubenähnlich verlaufen, so daß das Thier thurm- oder kegelförmig wird, wie bei den meisten unserer Land-Schnecken; es sind dies die Turbinoideen (siehe Fig. 67); endlich kann das spiralige Wachsthum übergehen in ein kreisförmiges, so daß ringsum immer neue Kreise

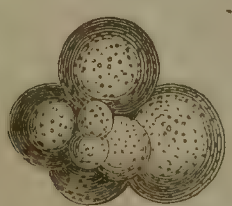


Fig. 67.



Fig. 68.

von Kammern sich ansetzen, statt daß immer nur Kammer an Kammer sich reiht (siehe Fig. 68); es sind dies die Cyclostegien.

So haben wir fünf Hauptgruppen, welche durch die Anordnung der Kammern sich von einander unterscheiden, und nun welche Mannigfaltigkeit ergiebt sich weiter durch die Gestaltveränderungen, deren

jede einzelne Kammer selbst fähig ist, indem sie bald lang bandförmig ausgezogen ist, bald kuglig bleibt, bald wie bei den Schneckenwindigen umgekehrt sattelförmig ausgezogen über den Kammern der vorhergehenden Windungen reitet. Welche Mannigfaltigkeit wird durch die Combination mit dem Obigen hervorgebracht durch das Vorhandensein oder Mangeln der Poren an den Schalen, durch das Vorhandensein und die Lage der Oeffnung oder das Fehlen derselben, durch die Sculptur der Schalen, und der Leser wird schon daraus eine Vorstellung bekommen können, daß diese Thierklasse eine unendliche Formenmannigfaltigkeit zu entwickeln im Stande ist, er wird sich nicht wundern, wenn ich ihm sage, daß heutzutage der Sammeleifer unserer Zoologen und Paläontologen bereits dritthalb tausend Arten beschrieben und abgebildet hat.

Uebrigens einer Complication in dem Baue dieser Geschöpfe muß ich noch erwähnen, da sie bei einer Gruppe vorkommt, die zu den größten gehört, denn ich würde den Leser täuschen, wenn ich ihn glauben machen wollte, daß alle hierher gehörigen Thiere nur mikroskopische Geschöpfe sind. Eine Familie derselben, die Numuliten, sind Wesen von der Größe unserer gangbaren Scheide-Münzsorten, woher sie auch den Namen tragen. Diese Thiere bestehen aus einer Unzahl von Kammern, die nicht mehr blos in einer Reihe aufeinander gerollt sind, sondern wo jede Kammer der Spiraltour in eine große Zahl seitlicher Kammern getheilt ist.



Fig. 69.

Wenn der Leser sich die linsenförmige Gestalt der Numuliten vergegenwärtigt, so wird er die Figur 69 als die Fläche eines Querschnitts erkennen, der senkrecht auf die plattgedrückte Fläche der Linse geführt ist — von der Schnittfläche ist jedoch nicht einmal die Hälfte gezeichnet. Man sieht da,

wie jede nächstfolgende Spiraltour der Kammern sattelförmig die vorangehende deckt und wie jede solche sattelförmige Kammer zerfallen ist in eine auf der Schneide reitende große halbmondförmig gebogene Mittelkammer a, an die sich nach beiden Seiten hin kleine flachgedrückte Kammern anreihen. Fig. 70 zeigt einen Theil der-

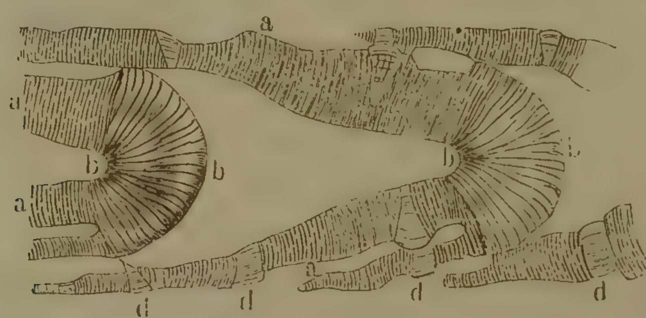


Fig. 70.

selben Schnittfläche sehr stark vergrößert. Man sieht da die feinen Porencanäle, welche die Schale senkrecht durchbohren, so daß der lebendige, in den Kammern liegende, aus Sarkode bestehende Leib nach allen Seiten hin communiciren kann.



Fig. 71.

Einen vollständigen Begriff von dieser allseitigen Communication des Kammerninhalts bekommen wir jedoch erst, wenn wir zu der obigen Figur die in Fig. 71 gegebene Ansicht hinzunehmen. Dies ist ein Schnitt parallel der Linsenfläche, also senkrecht auf den Schnitt, den die beiden vorhergehenden Figuren darstellen. Wir sehen hier in a, a die Höhlung zweier Kammern derselben Spirale, der lichte Raum zwischen ihnen ist die sie trennende Scheidewand. Diese Ansicht lehrt uns einmal, daß die Canälchen, welche die in Fig. 70 bei b abgebildete Schalenpartie durchsetzen, seitlich

mit einander communiciren und so das in Fig. 71 bei b sichtbare Canalnetz bilden und zweitens, daß auch in der Dicke der Scheidewand Canäle (c) verlaufen, um die directe Communication zwischen den Randnetzen zweier aufeinanderfolgenden Spiraltouren herzustellen.

Doch halt! Ich fürchte, daß ich mit dieser Erörterung die Grenze dessen überschritten habe, was die Naturforschung der Wißbegierde des Nichtfachmanns bieten darf. Ich muß mir den Vorwurf gefallen lassen: „Du hast uns da unvermerkt rückwärts in eine Dornenhecke von Detail gezogen, wo der Spaß am Spazierengehen in Gottes schöner Natur aufhört!" Ich bitte um Entschuldigung, die Naturforscher sind wie die Dachshunde, die spüren die Dornen erst, wenn sie sehr dicht kommen. Ich will auch dem Leser gewiß nicht zumuthen, sich dieses Detail zu merken; ich wollte ihm nur zeigen, wie in der organischen Natur aus den einfachsten Elementen durch Anhäufung, durch das von ihr bedingte Sichfügen und Schicken in einander binnen kurzem ein so complicirtes Gebäude entsteht, daß ein vollkommen ausgebildeter Ortssinn Mühe hat, sich hineinzufinden. Um den Leser aber für die dornenvolle Bahn, auf die ich ihn gezogen, zu entschädigen, setze ich ihm zum Schluß dieses Abschnittes in Fig. 72 die Abbildung einer in verschiedenen Rich-

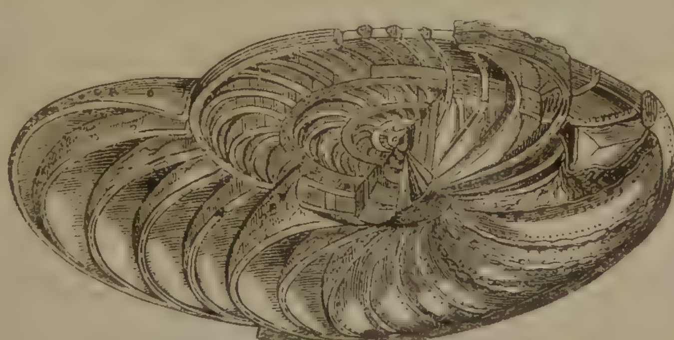


Fig. 72.

tungen auf- und durchgeschnittenen Operculina hin, bei deren reichem Detail und klarer Uebersicht er mit einem von keiner Erklärung und Beschreibung vergällten Wohlbehagen ausruhen kann.

Es ist noch nicht unmittelbar beobachtet worden, in welcher Weise die vielkammerigen Wurzelfüßer sich entwickeln; allein es kann keinem Zweifel unterworfen sein, daß das Wachsthum mit einem jeweiligen Ruhezustand der belebten Sarkode verbunden sein muß. Die Schale ist ein starres Gebilde, jede Kammer, wenn sie einmal fertig, faßt eben nur eine bestimmte Menge von Sarkode, und wenn das Thier durch die Nahrungsaufnahme die Masse seiner Sarkode vermehrt, so muß ein Ueberschuß entstehen, der nicht mehr in die Kammer zurückgezogen werden kann. Wahrscheinlich legt sich nun dieser Ueberschuß von Sarkode vor der vorhergehenden Kammer an, verharrt eine Zeitlang im Ruhezustande und sondert an seiner Oberfläche die Schale der neuen Kammer ab. Schwerlich fällt dieser vorübergehende Ruhezustand in ähnlicher Weise mit unserem Jahrescyclus zusammen, wie es beim Wachsthum unserer Pflanzen bei den Jahresringen der Fall ist, offenbar wickelt sich der Lebensproceß dieser Thiere weit rascher ab. Vorläufig sind uns die Gesetze ihres Wachsthums noch verschlossen, kennen wir sie aber einmal, dann haben wir in ihnen wieder einen werthvollen Zeitmesser für die Geschichte unserer Erdrinde.

Bedeutung der Wurzelfüßer.

Gestatte mir der Leser noch einige allgemeine Bemerkungen über diese Geschöpfe. So viel steht fest, es sind die Wurzelfüßer die niedrigsten aller lebenden Wesen, und da uns ein kaum umzustoßender Gedankengang dahin führt, daß die niedrigsten Wesen auch die ältesten in der Geschichte der Organismen sein müssen, so dürfen wir zum Voraus vermuthen, daß die Wurzelfüßer auch die ältesten aller lebenden Wesen waren. Hat man früher schon genügende Bestätigung dieser Vermuthung darin gefunden, daß man die Reste dieser Klasse, freilich selten in vollständigen und genau bestimmbaren Schalen, meist blos durch die schon oben erwähnten kieseligen Ausfüllungen ihrer Kammern in den ältesten Versteinerungen führen-

den Schichten unseres Erdkörpers — in silurischem und devonischem Gestein — gefunden hat, so hat diese Anschauung erst in der neuesten Zeit noch eine weitere Bekräftigung darin gefunden, daß man in Amerika und neuerdings auch in Europa in noch älterem Gestein, in dem Grünstein, eine Bildung erkannte, die durch Wurzelfüßer erzeugt worden ist, und heutzutage kann kein Zweifel darüber sein: das älteste aller bis jetzt bekannt gewordenen Geschöpfe, das soge-

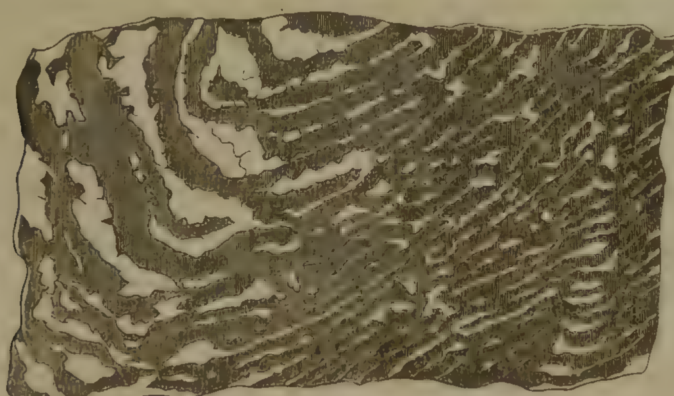


Fig. 73 a.

nannte Eozoon canadense, das canadische Dämmerungsthier, ist ein Wurzelfüßer.

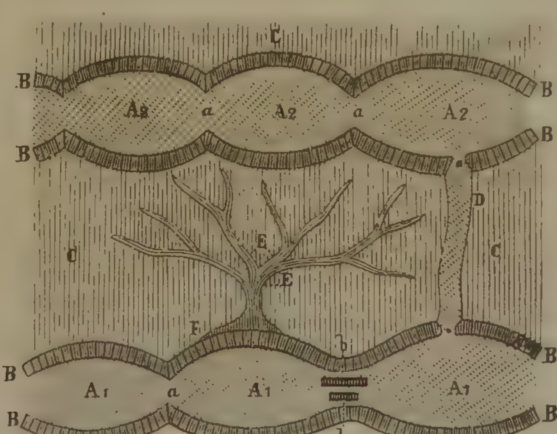


Fig. 73 b.

Fig. 73 a ist der Theil eines Querschliffs dieses äußerst unregelmäßig gebauten vielkammerigen Geschöpfes, deshalb füge ich in Fig. 73 b

ein dem Verständniß zugänglicheres Schema zweier Kammerreihen (A1 und A2) mit ihrer röhrigen Wandung (B), der Zwischensubstanz (C) und den in ihr sich verzweigenden Röhrenbüscheln (E) hinzu.

Was dürfen wir aus dieser Thatsache schließen? Daß der Beginn alles thierischen, ja vielleicht alles organischen Lebens das Entstehen eines belebten Schleimes, sogenannter Sarkode war, daß nicht die Zelle in dem Sinne, wie wir Naturforscher sie heute nennen, als ein schon concentrisch geschichteter Tropfen belebter Substanz, in dem man Hülle, Inhalt, Kern und Kernkörperchen unterscheidet, zuerst auftrat, sondern formloser Schleim, begabt mit der Fähigkeit, einen Stoffaustausch mit dem umgebenden Medium — das jedenfalls Wasser war, zu unterhalten und die durch den Stoffumsatz freigewordenen Kräfte in Contractionsbewegung umzusetzen. Der Zustand, in welchem uns das organische Leben als Zelle, d. h. als concentrisch geschichtete contractile Substanz, z. B. in den Geißelinfusorien, entgegentritt, kann logischer Weise nur ein Folgezustand einer spätern Entwickelungsstufe organischen Lebens sein.

Es ist nicht zu zweifeln, daß die emsige Durchforschung unserer Gesteinsschichten, vollkommnere Methoden der Betrachtung und Untersuchung das thierische und pflanzliche Leben in noch weitere zeitliche Fernen zurückrücken werden, als es mit der Entdeckung des Eozoon canadense bereits geschehen ist. Aber schwerlich werden wir noch einfachere Formen des organischen Lebens finden, als es die nackten Wurzelfüßer sind; denn abgesehen von der Erfahrung — verstandesmäßig läßt sich ja nichts Einfacheres construiren, als die Sarkode, die in ihrer Formlosigkeit an das Element erinnert, in dem das organische Leben zuerst auftrat, an das Wasser. Wasser war gewiß die Stätte, wo das organische Leben auftrat, denn Wasser bildet heutzutage noch der Masse nach den wichtigsten Bestandtheil aller Thiere und Pflanzen, und das Wasser ist heute noch die wichtigste Existenz-Bedingung für alles Thier- und Pflanzenleben; und wie wir auch die Sache angreifen, alle unsere Raisonnements führen dahin, daß es im Wasser entstand, und daß Sar-

kode die erste Form alles lebenden Seins bildete. Bei keiner anderen Thierklasse können wir mehr als bei den Wurzelfüßern sagen, daß uns das Mikroskop nicht nur an die Grenze unseres heutigen Wissens geführt hat, sondern auch an die Grenze, d. h. an den Ausgangspunkt alles Lebens; möglich, daß wir noch weiter eindringen in die Natur der Sarkode, daß das, was uns heute nur als ein Atom erscheint, nicht einmal den 1000sten Theil einer Linie messend, daß wir auch in dem mit vollendeteren Instrumenten, die aber immer nur Mikroskope sein können, noch weitere Bestandtheile entdecken, daß wir noch frühere Entwickelungszustände des organischen belebten Stoffes finden; für uns möge es genügen: das Mikroskop hat uns die einfachsten Formen des organischen Lebens erschlossen und damit erstens das Verständniß des organischen Lebens überhaupt, und zweitens hat es uns in den Stand gesetzt, wenigstens zu ahnen, wie es entstanden ist.

Ich sage, das Verständniß des organischen Lebens ist uns durch die Wurzelfüßer erschlossen. „Wie!" wird selbst mancher Fachmann fragen, „hat man denn an den Wurzelfüßern jene entscheidenden physiologischen Experimente gemacht, welche uns die chemischen Vorgänge bei der Ernährung und Ausscheidung darlegten, welche uns in den Stand setzen, die Schnelligkeit, mit der der Wille auf den Nervenfaden telegraphirt, so genau nach Fußen und Zollen zu messen, als wir den Flug der Büchsenkugel und die Bewegung der Gestirne berechnen; hat an ihnen das Messer des Anatomen die geheimen Pfade blosgelegt, auf denen die Empfindung durch den Körper schleicht und die Ernährungsflüssigkeiten rollen?" Nein, nichts dergleichen; zu allen diesen Experimenten mußte der Frosch, das Kaninchen, der Hund, der Mensch ꝛc. herhalten, und doch sage ich, das Verständniß konnte erst dann seinen Abschluß erreichen, als man die Sarkode der Wurzelfüßer entdeckte.

Das werde ich an einem Beispiel zu beweisen suchen. Was war die Physik vor dem Jahre 1850, ehe Helmholz die Compensation der Kräfte entdeckte? Da mußten zur Erklärung der

stofflichen Erscheinungen herhalten, einmal die wägbaren Stoffe mit der Schwerkraft, dann die sogenannten Imponderabilien, Licht, Wärme, Elektricität nebst Magnetismus. Vier physikalische Götter regierten da die Welt, Phoebus Apollo, der Gott des Lichts, der Donnerer Zeus, Hephaistos, der die Flamme des Ofens facht und Pluto, die Personification der im Erdball angehäuften wägbaren Stoffe, die mit ihrer Schwerkraft alles hinabziehen zu sich in den Hades. Mit der Entdeckung der Compensation der Kräfte erschien die Sonne des Monotheismus am Himmel der Physik und das Feldgeschrei: „Es giebt nur Einen Gott und Mahomed ist sein Prophet" heißt: Alle diese Kräfte sind nur Eine Bewegung und die wägbaren Stoffe ihr Träger.

Der Leser wird nun wohl schon verstehen, was ich meine: früher da herrschte auch in der Lehre vom organischen Leben die Vielgötterei, da konnte man sich einen Thierleib nicht anders zusammengesetzt denken, als aus Muskel, Nerv, Gefäß, Drüse ꝛc., das hat mit der Entdeckung der Sarkode sein Ende erreicht, mit ihr haben wir die Eine Substanz gefunden, die alle organischen Verrichtungen, — Stoffaufnahme und Stoffabgabe, Bewegung und Empfindung — besorgt und außerdem die Fähigkeit besitzt, in Sporen zu zerfallen (wie es so klar nachgewiesen ist bei der Sarkode der Schleimpilze), um neues Leben auszusäen. Jetzt können wir antworten auf die Frage: Was ist das Leben? Was ist ein organisches Wesen im Gegensatz zu den unorganischen Stoffen? Das Leben ist Bewegung. Nimm einen Stein: er hat keine eigene Wärme, keinerlei eigene Bewegung, doch nein! Ja, er hat sie, aber latent gebunden, eine Bewegung, die frei gemacht werden kann, wenn er sich löst, wenn er oxydirt wird, Veranlassungen, die bei ihm nur periodisch eintreten. Nun nimm ein Thier, eine Pflanze, sie beide haben ihre eigene Wärme, ihre elektrischen Bewegungen, die in ihnen kreisen und das Thier außerdem noch die mechanische Bewegung. Was ist also der physikalische Unterschied zwischen lebendem, organischem und unorganischem Stoffe? Der letztere ist ein Stoff mit

latenter gebundener Bewegung, im organischen ist die Bewegung nicht latent, nicht gebunden, sie ist in fortwährender freier Aeußerung begriffen, und zwar äußert sie sich beim Thier als Wärme, Nervenelektricität, mechanische Bewegung (und bei den leuchtenden Thieren auch als Licht), bei der Pflanze als Wärme und elektrische Strömung. Bei der letzteren fehlt also nur die mechanische Bewegung und warum? weil sie einen Theil ihrer Bewegung durch Erzeugung von Kohlenhydraten (Holz 2c.) bindet, d. h. nicht zur Aeußerung kommen läßt, sondern sie durch Production von Stoffen mit gebundener Wärme consumirt.

Die Sarkode stellt nun den organischen Stoff in seiner Einheit dar, begabt mit allen Aeußerungsweisen der freien Bewegung, sie ist die Personification des Lebens, ist das lebendige Geschöpf, zurückgeführt auf seinen einfachsten Ausdruck, ist in der organischen Natur das, was in der gesammten Natur das letzte höchste Naturgesetz.

III.

Die Gitterthierchen.

In der vorhergehenden Skizze habe ich dem Leser erzählt von den kleinen Baumeistern, die unsere Kalksteine gebildet haben. Das Mikroskop hat aber auch noch eine andere Gesteinsart mit kleinen Wesen in Verbindung gebracht, über deren Bau und Leben wir erst in der neueren Zeit Genaueres erfahren haben. Wenn man die als Polirmittel benutzten Erden, den Trippel, den Polirschiefer und auch manche Mergellager mit dem Mikroskope untersucht, so entdeckt man in ihnen feine Schalen, gitterförmig durchbrochen (Fig. 74), und die chemische Untersuchung zeigt, daß diese zarten Gebilde aus Kieselsäure bestehen, aus demselben Stoffe, der unseren Feuerstein und Berg-

Krystall bildet. Zahllose Schälchen und Schalentrümmer der allerzierlichsten Art setzen diese Erden zusammen, und man hat z. B. auf den Nikobarischen Inseln einen ganzen Hügel, bestehend aus einem leichten

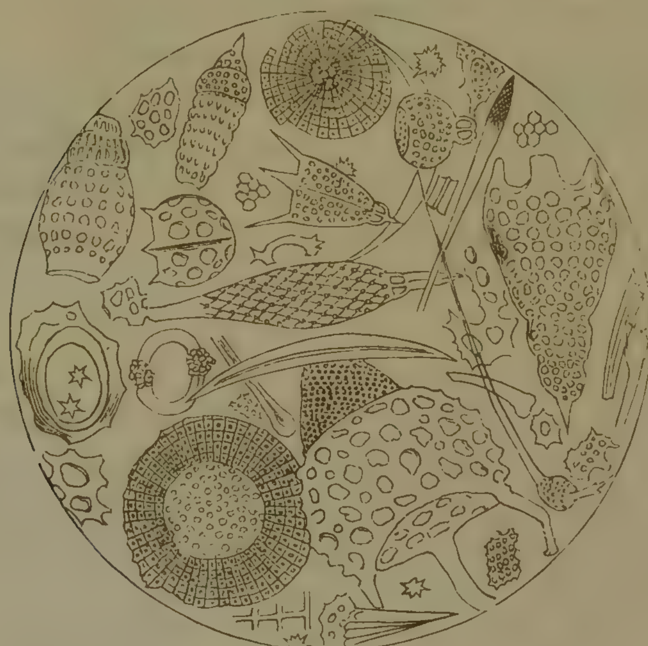


Fig. 74.

weißen meerschaumähnlichen Trippel, gefunden, der fast nur aus solchen Schalen zusammengesetzt ist, und nicht weniger als hundert verschiedene Arten geliefert hat. Wir kennen von einer Menge Orte des trockenen Landes, die einst Seeboden waren, diese Kieselschalen und es ist sicher, daß man noch eine weit größere Verbreitung auf unserem Festlande nachweisen wird, als dies schon geschehen; denn lebend finden wir sie heute in allen Meeren.

Wir kennen keine andere Thierklasse, die so ausschließlich dem weiten Ocean angehört als diese Geschöpfe, die man Polycystinen oder deutsch Gitterthierchen nennt. Soweit man bis jetzt ihr Leben erforscht, schweben sie auf der Oberfläche der Oceane, ein willenloses Spiel der Wellen. Man hat sie freilich noch nicht überall mit dem Fleiße gesucht, mit dem manche andere Thierklasse gesammelt und beobachtet worden ist, und dies hat hauptsächlich darin seinen

Grund, daß sie eben weit mehr Bewohner des Meeres sind als der Küste, und auf dem hohen Ocean zu sammeln ist wenigen Naturforschern vergönnt. Doch hat man in neuerer Zeit hauptsächlich im Mittelmeere eine reiche Welt dieser Geschöpfe lebend gefunden, beschrieben und abgebildet und ihre Organisation ist jetzt, wenn auch Manches über die Entwicklung derselben nachzutragen ist, so ziemlich aufgehellt.

Ihr Bau ist nicht so einfach wie der der Wurzelfüßer, aber immer noch ist ihre Organisation eine sehr niedrige, und stimmt in vielen Dingen mit ihren nächstverwandten kalkschaligen Genossen überein.

Ich will es versuchen, ein Bild dieses Thierkörperchens zu entwerfen, deren eines die nachstehende Fig. 75 zeigt, in voller Lebensthätigkeit, so eben Nahrung zu sich nehmend. Sieht man zunächst ab von diesem feinen zierlichen Schälchen, — denn die Schale ist ja

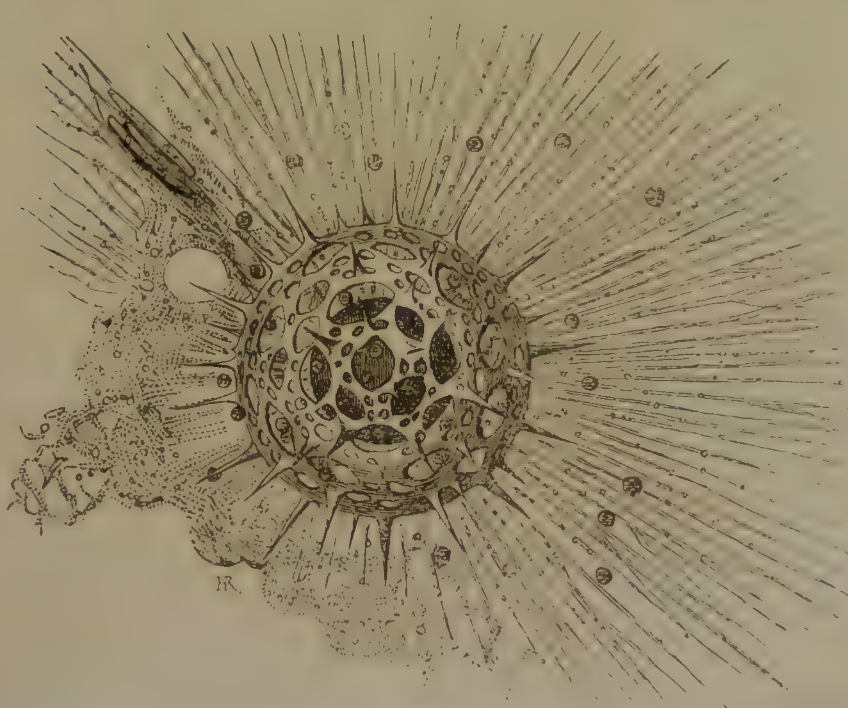


Fig. 75.

doch immer nur das Aeußerliche, und man wird gleich sehen, auch nicht die Hauptsache, denn es giebt Gitterthierchen ohne Schale. Der lebende Theil des Thieres besteht aus einer großen im Mittel-

punkte des Körpers liegenden kugeligen Zelle, die häufig schön blau oder roth gefärbt ist, Fetttröpfchen, Farbstoffkörner und zierliche kleine Krystalle — wahrscheinlich aus Schwerstein — enthält. Um diese Zelle herumgelagert findet man dieselbe schleimig flüssige Masse, die ich schon früher als den lebenden Theil der Wurzelfüßer beschrieben habe, die Sarkode mit ihrem Fließen und Strömen. Wie bei den ersteren ist diese Sarkode in feine zarte Fäden ausgezogen, die das Thierchen wie eine Strahlenkrone in allen Richtungen umgeben.

In diesem Netze von Sarkodefäden, da wo es um die Mittelzelle herum dichter ist, schweben kleinere kugelige gelbe Zellen, mit den Bewe-

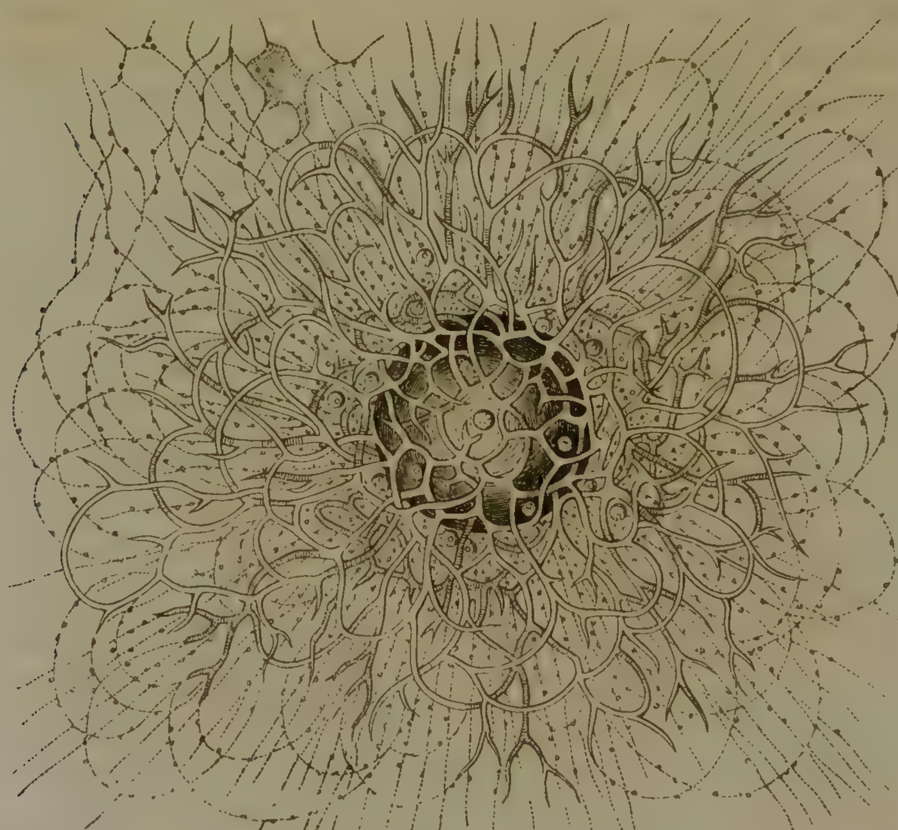


Fig. 76.

gungen der Sarkode mitströmend. Auch sieht man öfter zwischen ihnen größere blasse Zellen. Wenn wir also den Leib des Thieres kurz kennzeichnen wollen, so müssen wir es als ein aus vielen Zellen bestehendes Wesen

erklären, dessen einzelne Zellen zusammengehalten sind durch die Sarkode. — Aber wie soll ich nun die Schälchen, die dieses Thier um und in sich bildet, beschreiben. Da müßte ich mehr Zeit und Geduld verlangen, als der Leser mir gönnen wird. Es ist hier keine so große Regelmäßigkeit zu finden wie bei den Schalen der Foraminiferen, es ist ein nahezu planloses Spiel; bald sind es lockere in gar keinem Zusammenhange miteinander stehende Kieselnadeln oder Ranken, die in dem Netzwerk der Sarkode hängen, bald treten diese einzelnen Theile zusammen zur Bildung compacterer Schalen.

Ich habe in der vorstehenden Fig. 76 ein zierliches Geschöpf aus dieser Abtheilung abgebildet mit seinem zierlichen Rankenwerk von Kieselstäbchen, wie sie planlos zusammentreten; aber in anderen

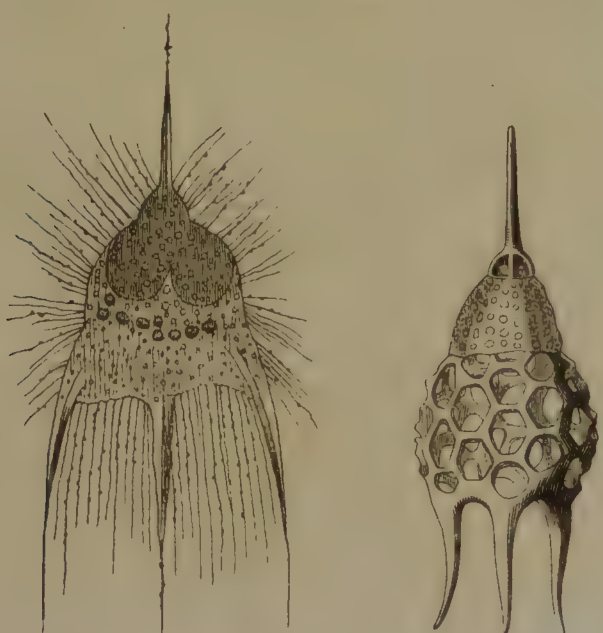


Fig. 77.

Fällen tritt denn doch eine gewisse Regelmäßigkeit ein, man kann dann kugelige Schälchen finden (Fig. 75) oder mützenförmige (Fig. 77), oder es treten zu den Gitterschälchen noch lange Kieselstacheln hinzu, die strahlenförmig vom Mittelpunkte des Thieres in großer Regelmäßigkeit auswachsen und entweder allein vorkommen

oder in Verbindung mit einer Kugelschale, die von diesen Stacheln radienförmig getragen und von ihnen durchbohrt wird. Doch Du kannst Dir aus den beigefügten Abbildungen ein weit besseres Bild von diesem Thierchen machen, als wenn ich Dir sie umständlich beschreibe; das ist ja eben das Wunder des Mikroskops, es ist ein neues Auge für uns, das uns da sehen läßt, wo unser bloßes Auge nichts mehr wahrnimmt, das uns Bilder schafft, die jeder Beschreibung sich entziehen.

Ich will auch hier nur reden von der Stellung, die diese Thierchen im Haushalte der Natur einnehmen, um eine neue Bestätigung für das zu geben, was ich bei den Wurzelfüßern gesagt habe, daß die kleinsten Wesen diejenigen sind, welche in der Natur die größten Erfolge erzielen. Du wirst mich fragen, worauf das beruht, warum diese kleinen Organismen einen so mächtigen Einfluß auf die Gestaltung unserer Erde, auf die Existenzbedingungen der bekannten Welt genommen haben. Das ist sehr einfach. Wenn Du Dir die Mühe genommen, das, was ich im Folgenden Dir zeigen werde, den wunderbaren Aufbau der höheren Geschöpfe, des Menschen und der ihm verwandten Wesen mit Aufmerksamkeit zu betrachten, wenn Du gesehen haben wirst, aus wie vielen Milliarden von Bausteinen ein Säugethier, ein Insect, ein Fisch aufgebaut ist, wenn Du die Zeit abmißt, die dazu gehört, um einen Riesen der Schöpfung heranzubilden bis zu dem Zeitpunkte, wo er sich fortpflanzen kann, dann wird Dir soviel klar sein, daß die Natur an der Hervorbringung solch' großer Geschöpfe eine Menge Kraft, und was hier das Wichtigste ist, eine Menge Zeit verschwendet. Das alles fällt bei jenen kleinen Geschöpfen fort; in der Zeit, die es braucht, bis ein neugeborener Elephant fähig wird, wieder Junge zu erzeugen, — ein Zeitraum von etwa 30 Jahren, — ist ein Infusorium im Stande, eine Nachkommenschaft zu erzeugen, die weit mehr Raum einnimmt, als unsere ganze Erdkugel. Du kennst vielleicht jene Anekdote von dem Erfinder des Schachspiels, der sich von dem Fürsten als Belohnung soviel Getreidekörner ausbat als herauskamen, wenn man auf die 64 Felder des Schachbrettes, beim ersten mit 1

anfangend, auf das nächstfolgende Feld immer die doppelte Anzahl von Körnern legt, auf das erste 1, auf das zweite 2, auf das dritte 4, auf das vierte 8 u. s. w.: in dem ganzen großen Königreiche war nicht soviel Getreide aufzutreiben, um diese Summe von Körnern zu schaffen; so geht die Fortpflanzung bei diesen kleinen Geschöpfen. Binnen einer Stunde theilt sich ein Infusorium in 2, binnen der nächsten Stunde jedes derselben wieder in 2, in der dritten Stunde haben wir 8, in der vierten 16, und nun nimm Deine Logarithmentafel und berechne, welche Zahl Du bekommst in der letzten Stunde des 30. Jahres, dann hast Du einen Begriff von der Macht des Kleinen auf der Erde. Da wird keine Zeit vergeudet, um Baustein an Baustein zu fügen, um sie miteinander zu verbinden, um die Bahnen zu eröffnen, auf denen die Nahrung allen Theilen zufließen kann, um die Telegraphendrähte zu ziehen, die das Alles zusammenbinden und einem gemeinschaftlichen Willen unterordnen, da wird Stein um Stein erzeugt in staunenerregender Präcision und mit einer Geschwindigkeit, gegen welche die rapideste Arbeit unserer Maschinen ein Kinderspiel ist, weil jeder erzeugte Baustein sogleich wieder selbst Baumeister ist und neue gebiert. Zahllos wie die Sterne am Firmamente schweben diese Gitterthierchen über den Abgründen des Oceans in rastloser Thätigkeit immer neue erzeugend, Schale um Schale sinkt hinab auf den Grund des Meeres, und da sammeln sich in Jahrtausenden diese unzerstörbaren Massen an, die Länderstriche im weiten Umkreise bedecken.

So sehen wir zwei Thierklassen arbeiten an der Ausfüllung der Oceane; die Foraminiferen sind die Baumeister, die mehr an der Küste ihre Schalen ablagern, die Gitterthierchen vollführen diese Arbeit auf der Hochsee, indem sie dort ihre Schalen ausstreuen, und später, wenn wir uns dem Pflanzenreiche zuwenden, werden wir die Stückelalgen als die dritten im Bunde bei dieser Arbeit wiederfinden.

Du wirst mich fragen, woher nehmen denn diese kleinen Baumeister den Stoff, um das alles zu Stande zu bringen, um diese Massen von Kalkstein, von Kiesel im Meere abzulagern? denn wenn

die Arbeit dieser Wesen eine so ununterbrochene, rastlose und ausgiebige ist, so muß doch am Ende, wenn auch im Meerwasser Kalk und Kiesel genug aufgelöst ist, auf die Dauer der Vorrath ausgehen.

Die Antwort hierauf hat die Erdkunde längst gegeben. Unsere Flüsse und Ströme führen solch' ungeheure Massen von aufgelöstem kohlensauren Kalk in das Meer, daß der Verlust, den das Meerwasser durch die Thätigkeit der schalenbildenden Thiere an Kalk erleidet, reichlich ersetzt wird, und die Kieselerde wird hauptsächlich durch vulkanische Thätigkeit gelöst. Wir finden deshalb auch heute noch die reichste Entwickelung der kieselschaligen Gitterthiere in der Nähe von solchen Orten, wo vulkanische Thätigkeit aufgelöste Kieselerde dem Meerwasser beimischt.

Es ist höchst interessant der Natur auf allen den Wegen nachzugehen, auf denen sie die Stoffe unseres Erdkörpers hin und hercirculiren läßt, zu verfolgen, wie sie da wegnimmt, dort zubaut, und welch' mannigfaltiger Communicationsmittel sie sich bedient, um die Stoffe, die unsere Erdoberfläche zusammensetzen, nach allen möglichen Richtungen zu leiten und zu durchmischen. Wir haben bei diesem Processe drei Thätigkeiten zu unterscheiden: das Auflösen, das Weitertransportiren und das Zurückführen in die feste Form. Das Hauptlösungsmittel, das an dem Gebäude unseres Festlandes nagt, ist die Kohlensäure der Luft, die mit dem Regen herabgewaschen wird, das Communicationsmittel ist das Wasser, das führt die gelösten Stoffe hinaus in den Ocean, und wer ist es, der alle diese Wasser wieder in feste Form bringt? das sind die Thiere in erster Linie und theilweise auch die Pflanzen des Meeres. Alle die Heerschaaren von mikroskopischen Wesen, alle die Legionen von Schnecken, Muscheln, Seesternen, Seeigeln, und wie sie alle heißen, diese schalengepanzerten Thiere, sie bauen aus aufgelöstem Kalk wieder jene Gebirge auf dem Boden des Meeres, ihn erhöhend und ausfüllend. An der Küste da zieht die Koralle ihre breiten Wälle und baut die Riffe hinaus, um die Brandung des Meeres zu brechen; da thürmt sich Schale um Schale die Muschelbank auf, neues Land am Seeboden bauend, und draußen im Ocean,

da arbeiten die kleinen Geschöpfe, die ich beschrieben, den ersten in die Hand. Was brauchen sie, um die Tiefen des Oceans auszufüllen, sie brauchen gar nichts als Zeit genug; wenn es ihnen gelingt, in tausend Jahren eine Schichte von Klafterdicke zu erzeugen, so brauchen sie, es ist ein einfaches Rechenexempel, eine Million Jahre, um ein Meer von 1000 Klafter Tiefe randvoll auszufüllen; und was ist eine Million Jahre, seit uns die Wissenschaft von dem Wahn befreit hat, daß erst 6 Jahrtausende seit Erschaffung der Welt verstrichen, seit die Erdkunde mit Jahr-Millionen rechnet, wie die Sternkunde mit Siriusfernen. Alle Wunder der Welt, alles das, was man noch vor einigen Decennien anstaunte als unfaßbar, unbegreiflich, was man sich nur entstanden denken konnte durch gewaltige Kräfte, die heutzutage nicht mehr vorhanden sind, in was hat sich's aufgelöst? In eine erstaunlich lange Zeit, eine Zeit so groß, daß die kleinsten unbedeutendsten Vorgänge im Stande waren, die gewaltigsten Erfolge zu erringen durch nichts anderes, als daß sie mit monotoner Gleichförmigkeit durch die ungemessenen Zeiträume hindurch fortdauern, und aus den Gebieten, die das Mikroskop erschlossen, ist die beste Illustration für diese unsere Erkenntniß die Geschichte der Foraminiferen und Gitterthierchen.

An den Schluß dieses Abschnitts gehört die Abbildung des schon auf dem Titelbilde unseres Buches dargestellten Sonnenthierchens (Fig. 78), das in unseren Süßwässern der einzige Vertreter der Gitterthierchen ist.

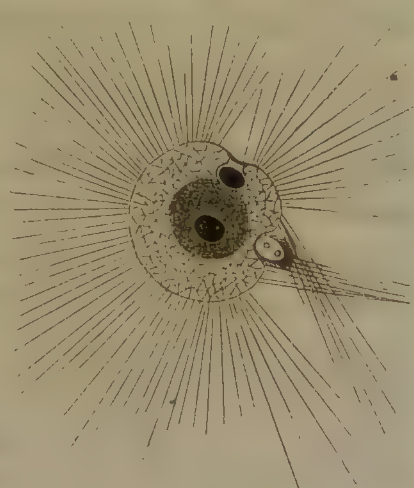


Fig. 78.

Es ist zugleich ein Beispiel von Schalenlosigkeit, denn das ganze Thier besteht nur aus einer Mittelzelle und einem Sarkodenetz, das steife Fäden aussendet. Die Abbildung zeigt es in dem Moment, wo es ein Infusorium verschlingt.

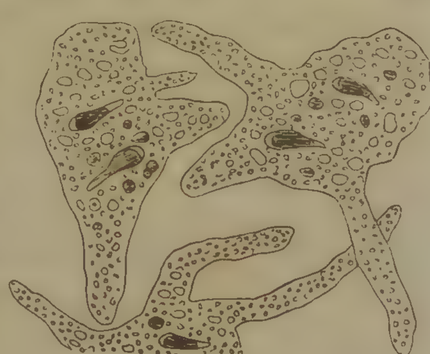
IV.

Die Amöben.

Prüft man den Bodensatz unserer süßen Gewässer mit dem Mikroskop, so wird man neben den zahlreichen Infusorien, Räderthierchen und andern mikroskopischen Geschöpfen, die durch das lebhafte Spiel ihrer Bewegungswerkzeuge rasch genug als solche sich erkennen lassen, unter andern auch glashell durchsichtiger Schleimtröpfchen gewahr, die selten die Größe des hundertsten Theils einer Linie überschreiten, und die erst bei größerer Aufmerksamkeit als das erkannt werden, was sie sind: als Thiere. Die ersten Entdecker haben diesen sonderbaren Geschöpfen den Namen „Proteus" gegeben, in Folge des außerordentlichen Gestaltwechsels, dem sie unterworfen sind. Lange Zeit galten diese Geschöpfe als ein Wunder. Die Betrachtung der höheren Thiere hatte uns daran gewöhnt, die Gestalt als etwas Unwandelbares zu betrachten und so war es natürlich, daß Wesen, deren Gestalt jeder Fixirung trotzte, als eine Art Paradoxon angesehen wurden. Freilich, als man die schon früher beschriebenen Wurzelfüßer kennen lernte, welche in der Wandelbarkeit der Gestalt noch weit mehr leisten, als die Amöben, da erschloß sich das Verständniß für derartige Geschöpfe, man erkannte sie als die einfachsten Formen thierischen Lebens, als Wesen, die nicht aus einer Vielzahl von einzelnen Theilen, von Zellen bestehen, sondern deren Leib eine einzige Zelle ist; und wenn man den Gestaltwechsel der Amöben verglich mit den mannigfaltigen Formen von Zellen, die in dem Leib der vielzelligen Thiere sich finden, so erkannte man sogleich, die Vielgestaltigkeit dieser Wesen bestehe nur darin, daß sie in willkürlicher Aufeinanderfolge und planloser Abwechselung alle die Formen durch ihre Contractionsfähigkeit annehmen können, welche in dem Leib der höheren Wesen als constante Entwicklungsformen der Zellen durch den Wachsthumproceß entstehen.

Nachdem ich dem Leser an den Wurzelfüßern und den Gitterthierchen bereits die Lebenserscheinungen und die allgemeine Bedeutung solcher lebendiger Schleimkörper erörtert habe, könnte es überflüssig erscheinen, von einer Gruppe von Wesen zu reden, die, an und für sich betrachtet, ganz ähnlichen Bau und Verrichtung zeigen wie jene, und nur dadurch von ihnen abweichen, daß die Sarkode, aus der sie bestehen, bereits eine deutliche Hülle, also eine Zellenmembran erhalten hat. Allein es ist doch der Mühe werth, diesen Geschöpfen einige Aufmerksamkeit zuzuwenden und zwar aus Gründen allgemeiner Natur. Doch zuvor einige Worte über diese Thiere selbst.

Wer die Schilderung der nackten Wurzelfüßer noch genau gegenwärtig hat, der braucht nur zu wissen, daß die Amöben durch das regelmäßige Vorhandensein eines Zellenkernes und ferner dadurch sich von den ersteren unterscheiden, daß, wie schon gesagt, die Sarkode in einer dehnbaren Membran eingeschlossen ist, und in Folge davon keiner so planlosen spinnwebartigen Zerfaserung bei der Bewegung unterliegt, wie die der ersteren. Ein Vergleich der nebenstehenden Figur 79 (Amoeba princeps) mit Figur 55 macht dies deutlicher als Worte. Die Fortsätze (sogenannte Scheinfüße), die die Sarkode treibt, sind breit, kurz und stumpf, und viel weniger zahlreich. Daß der Inhalt der Zellen in mancher Beziehung Beimischungen enthält, die den Wurzelfüßern fehlen, thut hier nichts zur Sache.


Fig. 79.

Das allgemeine Interesse, das die Amöben erwecken, besteht darin, daß wir auch im Organismus der höheren Wesen, sogar in dem des Menschen, Zellen kennen gelernt haben, welche eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Amöben in Bezug auf Bau und Lebensverrichtung besitzen. Zunächst sind es die Blutkörperchen, welche uns amöbenartige Gebilde liefern. Hat man schon an den farblosen Blutkörperchen des Menschen eine an die Bewegung der

Amöben durch Scheinfüße erinnernde Gestaltveränderung bemerkt, so sind insbesondere an den sternförmigen Blutzellen vieler Würmer, Schnecken und Insecten Contractionen beobachtet worden, die auf ganz gleiche Stufe zu stellen sind mit denen der frei lebenden Amöben.

Hierzu kommt noch, daß so manche andere Geschöpfe vorübergehend ganz ähnlich sich verhalten. Es gehört dahin, daß die Embryonalzellen vieler niederen Geschöpfe amöbenähnliche Bewegungen aufweisen; daß die Zellen, aus denen die Schwämme bestehen, in Form, Größe und Bewegung einer Amöbe zum Verwechseln gleichen; daß ferner auch der Jugendzustand der Gregarinen (einer Thierfamilie, von der wir in der nächsten Skizze reden werden) amöbenähnlich ist; daß nach Beobachtungen, die ich selbst gemacht habe, auch im Lebensgang unserer Süßwassenpolypen amöbenartige, frei lebende Zellen auftreten; daß endlich auch bei den Schleimpilzen ein amöbenähnlicher Entwicklungszustand vorkommt, und desgleichen die sogenannten Zoosporen (siehe über diese bei den mikroskopischen Pflanzen) vieler Algen ähnliche Erscheinungen aufweisen.

Dies muß unser Nachdenken herausfordern, wir müssen uns die Frage stellen: Sind die Wesen, die wir im Bodensatz unserer Gewässer frei lebend antreffen und hergebrachter Maßen Amöben nennen, wirklich selbstständige Geschöpfe mit in sich geschlossenem Lebensgang, oder sind sie nicht vielmehr nur Entwicklungszustände aller der oben angeführten Thiere und Pflanzen, und müssen deshalb aus den Handbüchern der Zoologie verschwinden, wie so manches Geschöpf, das früher mit selbstständigem Namen aufgeführt war, von der Liste gestrichen wurde?

Freilich ist dies eine von jenen, in der Geschichte der lebenden Wesen so häufigen Fragen und Zweifel, welche zu ihrer Lösung die angestrengteste Thätigkeit nicht eines einzelnen, nein, einer ganzen Reihe von Naturforschern bedürfen. Nichts ist schwieriger als bei so winzigen Körpern sich vor Verwechslung zu hüten; und um eine solche Frage zu entscheiden, genügt ja nie eine negative Beobachtung; Niemand, der eine Amöbe auf's sorgfältigste überwachte und hütete, darf daraus, daß sie sich in dieser Zeit nicht zu einem andern Wesen ent-

wickelte, schließen, daß sie ein selbstständiges Geschöpf ist, denn es ist eine Eigenthümlichkeit der niedern Organismen, in einer Art von Ruhezustand zu verharren, sobald nicht alle Bedingungen ihres Gedeihens und Weiterentwickelns gegeben sind.

Doch dieses ist nicht die einzige Betrachtung, die sich an diese Wesen anknüpft. Ganz abgesehen von der Frage, ob sie ein Entwicklungszustand, oder selbstständige Geschöpfe sind, werfen sie ein helles Licht auf das Verständniß höherer Wesen, und zwar in zweierlei Richtung: Einmal zeigen sie uns, daß wir die aus vielen Zellen bestehenden Thiere und Pflanzen nicht in dem Sinn als untheilbares Ganzes, als Individuum denken dürfen, wie man es noch bis vor Kurzem gethan hat; daß vielmehr alle die Zellen, aus denen ein Thier- und Pflanzenkörper aufgebaut ist, wenn auch in dem einen Fall mehr, in dem andern weniger, als selbstthätige Individuen aufzufassen sind, die nur in so fern Theil eines Ganzen sind, als jede einzelne ihre Thätigkeit dem Gedeihen und Erhalten des Ganzen widmet. Wir werden später sehen, daß es vielzellige Geschöpfe giebt, deren Zellen die Fähigkeit haben, den Verband, in dem sie bisher lebten, zu lösen, sich von einander zu entfernen und auf eigene Faust fortzuexistiren; und wenn diese Fähigkeit bei höher stehenden Thieren, also unter anderem bei Menschen, nicht vorhanden ist, so ist daraus nicht zu folgern, daß jetzt die Zellen jede Selbstthätigkeit aufgegeben, und in der Hand eines, den Körper regierenden Lebensprincips nichts anderes seien, als ein todtes Werkzeug.

Man muß sich das Verhältniß so vorstellen, wie man's bei den Staaten bildenden Thieren findet, z. B. bei den Ameisen. Ich weiß nicht, ob es dem Leser bekannt sein wird, daß es Ameisenarten giebt, welche andere Arten ihrer eigenen Familie rauben und zu Sklaven erziehen, deren Lebensaufgabe dann darin besteht, ihre Herren zu füttern und sie spazieren zu tragen. Wiederholte Experimente, die man anstellte, haben zur Evidenz bewiesen, wie unendlich weit die Abhängigkeit der Herren von ihren Sklaven geht; der Herr verhungert neben dem Futter, wenn nicht ein Sklave vorhanden ist, der es ihm in den Mund steckt.

Hier kann Niemand bestreiten, daß die Herrenameise ein selbstständiges Geschöpf ist, und doch ist sie nicht im Stande, für sich allein zu existiren.

Genau so ist das Verhältniß zu nehmen, das zwischen den Zellen höherer Geschöpfe besteht. Es sind selbstständige Wesen, allein sie können nicht ohne einander existiren, weil nur die Gemeinschaftlichkeit es ist, die ihnen ihre Lebensbedingungen schafft.

Die Betrachtung der Amöben ruft übrigens noch eine andere Erwägung hervor. Wenn wir von der, durch so viele Thatsachen wahrscheinlich gemachten Anschauung ausgehen, daß der Entwicklungsgang jedes Thieres, den es von dem Eizustand bis zum Erwachsenen durchmacht, nur eine Wiederholung des Entwicklungsgangs ist, den es im Lauf der Generationen vom niedrigsten zum höchsten verfolgte, wenn also seine Entwicklungszustände nichts anderes sind, als die Wiederholung seines Stammbaums, so müssen amöbenartige Geschöpfe in der ersten Zeit, wo organisches Leben unserer Erdoberfläche entsproßte, eine bedeutende Rolle gespielt haben. Sie müssen Adam und Eva für so manches thierische und pflanzliche Wesen abgegeben, aus ihnen ein reicher Stammbaum sich entwickelt haben.

Der Leser wird mich vielleicht der Wiederholung beschuldigen; ganz ähnliche Betrachtungen habe ich auch an die bisher geschilderten mikroskopischen Thiere geknüpft; aber ich wiederholte sie hier absichtlich, um zu zeigen, wie von allen Seiten her die einzelligen Geschöpfe getroffen werden, sobald man über den Ursprung und Ausgangspunkt alles organischen Lebens nachdenkt. Wir werden natürlich schwer zu entscheiden haben, ob die Wurzelfüßer oder die Amöben oder die Infusorien oder die später zu schildernden Gregarinen und Gitterthierchen die ersten Wesen waren, ob die einen von den andern abstammen, oder ob sie alle gemeinschaftlich von etwas früher Existirendem, noch Einfacherem herkommen. Allein für das allgemeine Verständniß des Ursprunges bleibt das ziemlich gleichgültig; für dieses ist nur entscheidend, ob wirklich die einfachsten die ersten waren, und darauf weist Alles, was menschlicher Scharfsinn in dieser Frage entscheiden kann, hinaus.

V.

Die Gregarinen.

Nicht welthistorische Bedeutung für den Bau der Erdrinde oder im Haushalte der heutigen Lebewesen ist es, die diesen unscheinbaren Geschöpfen einen Anspruch auf Nennung in diesen Blättern giebt; es geschieht mehr der Vollständigkeit halber, und um zu zeigen, was das Schmarotzerleben für einen Einfluß übt auf den Schmarotzer.

Die Gregarinen, von denen uns die nachstehende Figur 80 eine der einfachsten Formen aus dem Darm des Hechts zeigt, sind



Fig. 80.

sämmtlich Schmarotzer in dem Darmcanal der verschiedenartigsten Thiere. Am häufigsten findet man sie in manchen Insecten, z. B. den Mehlwürmern, den Küchenschwaben, dann bei vielen Würmern, wo sie in der Regel in den männlichen Geschlechtsdrüsen getroffen werden. Sie liegen dort entweder gänzlich frei, in vielen Fällen sind sie aber mit einem Fortsatz ihres Leibes, der bei manchen hornige Spitzen besitzt, zwischen die Zellen des Darms eingebohrt nach Art der Hackenwürmer und Bandwürmer. Ihre Zusammensetzung ist ähnlich wie die der Amöben. Sie bestehen aus einer von derber Zellenmembran eingeschlossenen Sarkode, in der ausnahmslos ein Zellenkern sich findet,

unterscheiden sich aber dadurch von den Amöben, daß sie nur in ihren Jugendzuständen die Fähigkeit haben, allseitig Scheinfüße hervorzutreiben, später sich diese Fähigkeit eine Zeitlang auf das eine Ende der, in einen langen Schlauch ausgezogenen Zelle beschränkt, um endlich ganz zu erlöschen.

Diese Geschöpfe haben eine ziemlich lange Geschichte in der Wissenschaft. Man hat sie längere Zeit verkannt; man hat einen Entwicklungszustand, von dem nachher die Rede sein wird, für Eier des Wohnungsthieres erklärt, bis man endlich den Zusammenhang der einzelnen Entwicklungszustände sicher feststellen konnte. Man hat sich darüber gestritten, ob sie selbstständige Wesen oder nur die Entwicklungszustände anderer sind, ein Streit, der zu Gunsten der Selbstständigkeit entschieden werden konnte, und nicht, wie bei den Amöben, noch offen steht.

Ihre Lebensgeschichte ist sehr einfach. Wenn der Schlauch die nöthige Reife erlangt hat, so tritt entweder nach vorgängiger Conjugation, d. h. einer Verschmelzung zweier Individuen zu einem, oder ohne eine solche, ein Zerfall der Sarkode in zahlreiche Kugeln ein, deren jede sich zu einer Cyste formt, mit zwei spindelförmigen Körperchen in ihrem Innern, wie in unserer Figur 80 abgebildet ist. Wegen der Aehnlichkeit, die diese spindelförmigen Körper mit den Navicellen haben — einer niedern Pflanzengattung, von der wir später reden werden — hat man den Entwicklungszustand der Gregarinen, wo sie mit lauter solchen Cysten gefüllt sind, Navicellenbehälter genannt, und glaubte an einen Zusammenhang mit den wirklichen Navicellen. Später, als man Zweifel darein setzte, nannte man sie Pseudo-Navicellenbehälter, und jetzt weiß man, daß die Pseudo-Navicellen nichts anderes sind, als Eier oder Sporen der Gregarinen, aus denen die letzteren als amöbenähnliche Geschöpfe auskriechen, um dann allmälig zum wurmförmigen Gregarinenschlauch heranzuwachsen.

Dieser letztere zeigt uns die Sarkode in ihrer trägsten Gestalt. Wir haben bei den Wurzelfüßern die Sarkode kennen gelernt als eine äußerst bewegliche, der unendlichsten Theilbarkeit und Zerfaserung fä-

hige Materie. In den Amöben ist diese Fähigkeit bereits abgeschwächt durch das Auftreten eines umhüllenden Häutchens; in den Gregarinen endlich hat die Sarkode nur noch die Fähigkeit geringer Fluctuation. Ihre Contractionskraft ist auf ein Minimum herabgestimmt, und nähert sich bereits der, wie wir sie in den Zellen zusammengesetzter Thiere finden. In so fern gehören die Gregarinen dazu, wenn man einen vollständigen Ueberblick über die Sarkode, diesen Grundstoff aller Thierkörper, haben will.

Es ist interessant, nach den Ursachen dieser Abschwächung der Contractionsfähigkeit sich umzusehen, und sie lassen sich unschwer finden. Rufe man sich in's Gedächtniß zurück, daß die Wurzelfüßer fast ausschließlich Bewohner des Meeres sind, die Amöben im Bodensatz der Gewässer, umgeben von faulenden Pflanzenresten, sich aufhalten, die Gregarinen endlich Schmarotzer im Innern von Thierkörpern, so ist leicht zu vermuthen, daß die Abschwächung des Contractionsvermögens Schritt hält mit der Leichtigkeit der Nahrungszufuhr. Im Meere haben die Wurzelfüßer ihre Nahrung so gut zu suchen, wie jedes andere höhere Thier; die Amöbe, die umgeben ist von, in der Lösung begriffenen und gelösten organischen Stoffen, bekommt ohne eigenes Zuthun bereits eine Menge von Nahrungsstoffen, die in flüssiger Form durch die Poren der Zellenmembran in sie eindringen, und noch mehr ist dies natürlich der Fall bei den schmarotzenden Gregarinen, die in einem Bad von Nahrungsflüssigkeit sich befinden.

Es ist eine allgemeine Erscheinung durch das ganze Thierreich, daß die Schmarotzer — natürlich nicht die Epizoen, d. h. die, welche nur auf andern Thierkörpern umherkriechen, wie die Läuse, oder nur in die obere trockene Schicht sich einbohren, wie die Krätzmilben, sondern die Entozoen, die im Innern des Körpers, umspült von Ernährungsflüssigkeiten, leben — eine geringere Bewegungsfähigkeit besitzen, und meist auch ausgesprochener Bewegungsorgane entbehren. Aus demselben Grund, warum die Gregarinen keine Scheinfüße mehr hervortreiben, verlieren die schmarotzenden, zu den Milben gehörigen Pentastomen die Fußstummeln, die sie aus dem Ei mit zur Welt

bringen, und die Fischläuse, die zu den Krebsen gehören, ihre mit langen Borsten besetzte Ruderfüße, die sie im Larvenzustand besitzen. Mit der Production von Haftapparaten, welche ihre Austreibung aus dem Wohnungsthier verhindern, haben die Schmarotzer Alles geleistet, was zur Nahrung ihres Lebensunterhalts nothwendig ist, und aller Bewegungsorgane können sie sich füglich entschlagen.

Das Schmarotzerleben ist eine von den Erscheinungen des Thierlebens, die geeignet sind, unsere Uebersicht über den verwandtschaftlichen Zusammenhang der Thiere unter einander zu erschweren, so bald man nicht genau sich vor Augen hält, daß jede Thierform, — ich rede natürlich nur von den größeren Gruppen, in die das Thierreich zerfällt — bei passender Modification ihres Baues im Stande ist zum Schmarotzer zu werden, sobald einmal Thiere da waren, die in ihrem Innern Platz genug besitzen, um einen Schmarotzer zu beherbergen. Man thut deshalb wohl daran, sie alle als unfruchtbare, keiner weiteren Descendenz fähigen Seitenzweige des Stammbaums bei Seite zu setzen, wenn man sich einen allgemeinen Ueberblick verschaffen will. Es ist in keinem einzelnen Falle schwierig, den Ansatz dieser Seitenzweige am Stammbaum aufzufinden; und so können wir auch die Gregarinen ganz wohl als zum Schmarotzer degradirte Amöben betrachten, denen für die Weiterentwicklung des Stammbaums keine Bedeutung zukommt.

VI.

Die Räderthierchen.

Der Leser glaube ja nicht, daß das Mikroskop eben nur so mir nichts dir nichts beim ersten Anlaufe alles das zeigt, was man mit ihm sehen kann. Später wann ich von dem Mikroskope selbst, seinem Wesen und Gebrauche sprechen werde, will ich ausführlicher darüber reden. Aber es kommt mir jetzt eben ein kleines Häufchen

Thiere in die Hand, das uns eine Illustration für diese Thatsache abgiebt. Es sind diese die sogenannten Räderthiere, die man in allen Süßwassern, in jeder Pfütze, theils frei schwimmend, theils an Wasserpflanzen geheftet, finden kann. Mikroskopische Geschöpfe, die man früher ohne weiteres zu den Infusorien rechnete.

Zwei Hindernisse sind es, mit denen das Mikroskop zu kämpfen hat: die Undurchsichtigkeit des Stoffes eines Wesens oder die zu große Durchsichtigkeit. Ist ein Körper undurchsichtig, so kann man ihn nur mit den schwächsten Vergrößerungen und auch da nur dann ordentlich sehen, wenn man durch künstliche Beleuchtungsmittel die Helligkeit vermehrt; aber die Hauptaufgabe dessen, der mikroskopisch sehen will, ist immer die, das, was er zu seiner Betrachtung gewählt hat, durchsichtig zu machen, und da giebt es eine Reihe von Mitteln, um dies zu erzielen. Eine andere Schwierigkeit aber ist, wenn ein Körper zu durchsichtig ist. Lege ein Stück Glas in's Wasser, so wirst Du es sehr schwer erblicken, und so ist es mit einer Reihe von Thierchen; weniger das, daß sie selbst im Ganzen genommen sehr durchsichtig sind, sondern daß die Bestandtheile ihres Körpers so gleiches Lichtbrechungsvermögen haben mit der Gewebs-Flüssigkeit, in der sie sich befinden, macht die Erforschung des feineren Baues dieser Geschöpfe zu einer förmlichen Geduldsprobe. Tage- und Wochenlang ist man gezwungen, immer und immer wieder das

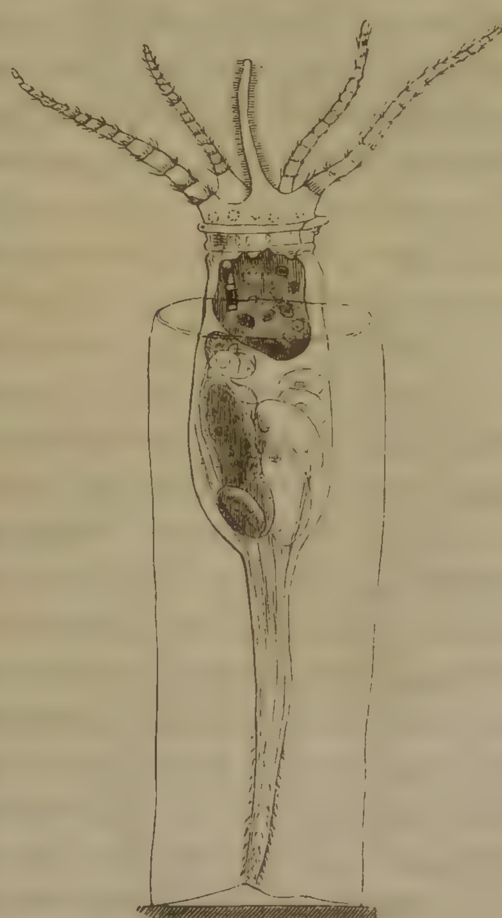


Fig. 81.

Thier in allen möglichen Situationen anzusehen, in allen Stadien seines Erhaltungszustandes, in verschiedenen Beleuchtungen, bis man endlich das Verständniß dessen gewinnt, was man sieht. Kommt dann vollends noch dazu, daß das Thier in unaufhörlicher Bewegung mit der Geschwindigkeit eines Pfeiles umherschießt oder in allen Richtungen sich krümmt und windet und wälzt, so daß man oft kaum Zeit hat, die Conturen des Körpers, den man erblickt, zu verfolgen, so sind das Hindernisse, die nur die ausgiebigste Geduld überwindet.

Bei so einfach gebauten Geschöpfen, wie die Foraminiferen und Gitterthierchen sind, da übersieht man bald Alles, was sich mit dem Mikroskope sehen läßt, wenn aber in so kleinem Raum ein reichhaltiger Bau als Miniaturgemälde enthalten ist, wenn man, um zum Verständniß des Ganzen zu gelangen, es nicht mit einigen wenigen Zellen sondern mit den Zellgeweben und Combinationen zu thun hat, wenn sich das alles zusammendrängt auf den kleinsten Raum, dann wachsen die Schwierigkeiten. Solche Geschöpfe sind die Räderthiere.

Ich habe oben gesagt, daß man sie schlechtweg zu den Infusorien gerechnet hat aus keinem anderen Grunde, als weil sie in ihrer Größe und in ihrem Aufenthaltsorte zu den Infusorien passen, und auch deswegen, weil der erste Gelehrte, der die Infusorienkunde durch seine Arbeiten und Veröffentlichungen zu hoher Bedeutung erhoben hat, den wahren Infusorien einen complicirteren Bau zuschrieb und so einigermaßen den großen Abstand verwischte, der zwischen den Räderthierchen und den Infusorien besteht. Heute aber weiß man, daß der Leib der Infusorien wenigstens bei einer großen Zahl derselben nur eine einzige Zelle ist, während die Räderthiere nicht nur aus einer großen Anzahl von Zellen zusammengesetzt sind, sondern auch in ihnen bereits die Bildung der Zellengewebe Platz gegriffen hat.

Wir unterscheiden an diesen Geschöpfen (siehe Fig. 82, Lacinularia socialis) eine Zellenschicht, die die Begrenzung des Körpers bildet und an ihrer Oberfläche eine zarte glashelle Haut absondert — namentlich deutlich an den zwei großen mit Wimperhaaren besetzten Kopflappen —; wir unterscheiden an ihnen Muskelzellen, die theils

den Körper kreisförmig umgeben, theils ihn der Länge nach (siehe bei a) durchziehen, wir finden an ihnen Zellennetze, die unverkennbar ein Nervensystem bilden, und wir finden einen aus Zellen aufgebauten Nahrungsschlauch (b), an dessen Beginn ein mit künstlichem Zahnapparat versehener Schlundkopf (c) sitzt, wir finden zwischen der Leibeswand und dem Nahrungscanal röhrige Gebilde (d) aus Zellen geformt, die uns an Organe der höher stehenden Würmer erinnern, wir finden eine Kittdrüse (e), wir finden endlich aus Zellen bestehende Fortpflanzungswerkzeuge, kurz es treten in diesen Wesen bereits Complicationen auf, wie bei hoch organisirten Thieren. Das liegt nun alles im kleinsten Raum beisammen so durchsichtig, daß nur die schärfste Einstellung des Mikroskops und die größte Geduld die Conturen verfolgen, die Abgrenzungen der Theile gegen einander wahrnehmen kann, daß nur vollkommne Instrumente und rastloses Bemühen das alles entziffert.



Fig. 82.

In der Figur 82 ist ein solches Wesen abgebildet, freilich nicht mit all den Bestandtheilen, die die Geduld des Forschers entziffert hat, weil es sonst verwirrend wirken würde, aber der Leser vergesse nicht, das ist kein Bild, wie es der Maler entwerfen kann, wenn er einen Gegenstand betrachtet, das er zeichnet, wie man eine Landschaft skizzirt, ein Portrait malt; eine solche Zeichnung ist ein förmliches Bauwerk, das man Stück für Stück zusammentragen muß, bis es

sich fügt in allen seinen Theilen. Wie der Baumeister Stein um Stein behaut, so muß hier der Forscher mit dem Mikroskope in der Hand Stück für Stück, Zelle um Zelle mühsam suchen, dutzendmal täuscht er sich über die Verbindung der einzelnen Theile, und nur der, der einmal ein solches Geschöpf unter dem Mikroskope gesehen hat, wird eine solche Zeichnung mit derselben Andacht betrachten, mit der wir ein Kunstwerk bewundern. In schlichter Einfachheit, anspruchslos liegt das Bild da, zarte feine Striche zu Kreisen geschlossen, da ein Band, dort eine Röhre, hier ein Häufchen Farbstoffkörner, dort ein Fetttropfen, eine Zeichnung so einfach, daß sie jedes Kind copiren kann, aber welche Arbeit liegt darin, welche Mühe hat es gekostet, um diese Conturen, die hier so leicht und einfach auf dem Papiere liegen, im Leibe des beweglichen Thieres zu verfolgen? Eine ganze Geschichte wochen- und monatlanger Arbeit liegt in dem einen Bildchen, und der, der solchen Bestrebungen fernestehend diese Arbeit verfolgt, dem könnte leicht der Gedanke kommen, zu was ist diese Arbeit nütze, was nützt's dem Menschen, wenn er den Bau dieser unscheinbaren Geschöpfe entziffert, und ich habe diese Frage manchmal von Freunden und Bekannten gehört.

Im einzelnen Falle läßt sich allerdings oft nicht direct eine Antwort geben, zu was dieses Suchen und Erforschen nütze sei, allein im Ganzen genommen ist die Antwort leicht. Soviel wissen wir heutzutage, daß kein Geschöpf klein genug ist, um nicht irgend eine Rolle in dem Haushalte der Natur zu spielen, zu dem auch wir Menschen selbst gehören. Jedes Thier und jede Pflanze füllt einen gewissen Platz aus, hat eine bestimmte Verrichtung in dem Getriebe der Natur, und da, wie ich schon wiederholt bemerkte, gerade die kleinsten Geschöpfe die mächtigsten sind, da die Fälle immer sich häufen, wo ein unscheinbares Geschöpf nicht sichtbar mit bloßem Auge, sondern nur mit dem Mikroskope, so nahe an die Existenz des Menschen herangreift, wie wir es jüngst mit der Trichine erlebt haben, was wird da die Pflicht der Männer sein, die die Erforschung der Natur sich zum Ziele gesetzt haben? Sie müssen mit dem Mikroskope, dem einzigen Instrumente, das uns in dieser unsichtbaren

Welt leitet, unsere Erde durchforschen von den Höhen des Gebirges bis hinab in die Abgründe des Meeres, und all' das, was vor diesem sechsten Sinne sich erschließt, muß nach allen Richtungen erkannt und durchforscht werden. Es bleibt da ganz gleich, ob ein solches Geschöpf eine größere oder geringere Wichtigkeit in dem Getriebe des Thier- und Pflanzenlebens besitzt; so lange man nicht alle seine Verhältnisse, seine ganze Lebensgeschichte auf das Genaueste erforscht hat, kann man ja nicht sagen, welche Bedeutung es hat; es muß bis auf Herz und Niere geprüft werden; nur wenn das geschehen ist, kann man sagen, zu was es nütze ist. Ist schon in der Welt des mit bloßem Auge Sichtbaren eine allseitige Erforschung nöthig, um den Haushalt der Natur zu verstehen, wie viel nothwendiger ist es in der Welt des Unsichtbaren, des blos mit dem Mikroskope Bemerkbaren. Um uns in der sichtbaren Welt zurecht zu finden, dazu haben alle Menschen ihre fünf Sinne, da kann sich jeder selbst schützen und jeder selbst das suchen, was er braucht. Aber in der Welt des Unsichtbaren, da liegen die Gespenster, die das Halbwissen erzeugt.

Wenn heute im Herzen von Europa eine Schaar von Tigern losgelassen wäre, ich glaube nicht, daß die gleiche panische Furcht sich aller Bewohner unserer gesitteten Länder bemächtigt hätte, wie sie die Entdeckung der Trichinen hervorrief. Da war plötzlich ein unsichtbares Gespenst dem Laien gezeigt, ein Ding, für das seine fünf Sinne nicht mehr ausreichten, vor dem er rath- und hilflos stand, und es bemächtigte sich seiner eine Furcht, die an die Zeiten des crassesten Aberglaubens erinnert. Jetzt denke Dir, Du seiest Naturforscher, nimmst das Mikroskop zur Hand, betrachtest den Staub der Luft, das Wasser, das Dich umgiebt, das Du trinkst, die Nahrung, die Du verzehrst, den Inhalt Deiner eigenen Gedärme, Du untersuchst die Stoffe, von denen Du Dich nährst, und überall, wohin Du blickst, findest Du Heerschaaren von winzigen Geschöpfen, die in alle Verhältnisse eingreifen, überall berufen sind eine Rolle zu spielen, was wirst Du thun, wenn Du Deine Aufgabe ernst nimmst, wenn es Dir nicht blos darum zu thun ist, die Zeit todtzuschlagen? Du

hast die Verpflichtung, alle Verhältnisse dieser unsichtbaren Welt bis in ihre geheimsten Labyrinthe zu erforschen, nicht nur um Deinem eigenen Wissensdrange zu genügen, Dich selbst zu befriedigen; nein! Du hast die Aufgabe festzustellen, ob eine Gefahr droht oder nicht, wo sie droht, wie ihr zu begegnen ist, und je schwieriger es wird, alle diese Verhältnisse zu ermitteln, desto mehr wird Dein Eifer wachsen, und Du wirst nichts, was Dir begegnet, für so unbedeutend halten, daß Du es unbeachtet bei Seite lassen kannst.

Dazu kommt noch, daß, wenn sich einmal Jemand mit Eifer einer Sache widmet, sich bei ihm ein Pflichtgefühl einstellt, eine Art Pedanterie, die auch da noch sucht, wo eigentlich das Suchen keinen unmittelbar praktischen Zweck mehr hat, sondern nur noch ein Mittel ist zur Schärfung der Sinne. Man will das Bewußtsein haben, daß man wirklich bis an die äußerste Grenze des Möglichen vorgeschritten ist, man will die Beruhigung haben, daß einem nichts entgangen ist; so bildet sich jener rastlose Forschertrieb, dem wir alle großen und wichtigen Entdeckungen zu verdanken haben, und in Ehrfurcht und Pietät, nicht mit wohlfeilem Spotte sollte man allen jenen begegnen, die mit dem Mikroskope in der Hand zum Wohle der Menschheit arbeiten, die bauen an dem heiligen Tempel der Wissenschaft, einem Tempel, in dem nicht Opfer gebracht werden, nein! einem Tempel, von dem die befruchtenden Ströme des Wissens fließen in alle Gebiete der menschlichen Thätigkeit.

VII.

Unterschied zwischen Thier und Pflanze.

Erschrecke der Leser nicht vor dieser Ueberschrift. Ich weiß wohl, es giebt kein Buch über Botanik oder Zoologie, das nicht dieser Frage ein Capitel widmen würde. In jedem wird auseinandergesetzt, daß

die Thierzelle stickstoffhaltig, die Pflanzenzelle stickstofflos, daß das Vorhandensein von Stärkemehlkörnern in den Zellen ein sicheres Kennzeichen für Pflanzennatur, willkürliche Bewegung ein eben so sicheres für thierischen Charakter sei. Es wird auseinandergesetzt, daß die Pflanze Kohlensäure einathme und Sauerstoff aus, daß das Thier das Umgekehrte thue ꝛc. Und trotz allen diesen vielen Kennzeichen wird am Schluß immer eingestanden, daß es praktisch Fälle giebt, wo einen das alles im Stich läßt. Drum will ich die Sache an einem anderen Ende anfassen.

Ich habe mir lange den Kopf zerbrochen, woher es denn komme, daß man mit keinem Merkmal zu einer vollständigen Trennung aller organischen Wesen in die zwei Reiche gelangen könne, und schließlich habe ich mir die Sache so zurecht gelegt: „Wer war der erste, der den Unterschied zwischen Thier und Pflanze in den Sprachgebrauch einführte?“ Den Namen des Mannes kann ich wohl dem Leser nicht nennen, aber so viel ist gewiß, daß die Einführung dieses Unterschiedes älter ist als das Mikroskop, ja älter als Zoologie und Botanik überhaupt, den Unterschied haben Leute aufgestellt, die nie eines jener streitigen Wesen vor Augen gehabt haben, die nichts wußten von dem Athmungsproceß, von stickstoffhaltiger Membran, Cellulose ꝛc. Was war das Merkmal, das diese Leute bewog, eine Zweitheilung der organischen Schöpfung anzunehmen? Das muß doch wohl ein Merkmal sein, das schon dem oberflächlichsten Beobachter in die Augen fiel, und das kann kein anderes gewesen sein, als die Ortsbewegung. „Das Thier marschirt, die Pflanze ruht.“ Ich habe bereits in einer anderen Schrift*) gesagt, daß der Beweis dafür einfach darin liegt, daß insectenfressende Thiere, wie der Frosch oder die Forelle, zwischen Thier und nicht Thier nur Einen Unterschied kennen, den der Bewegung, und daß wir nicht annehmen können, daß die, welche die Worte Thier und Pflanze in unsere Sprache einführten, mehr thun wollten, als diesen in die Augen springendsten Unterschied festzuhalten.

*) Jäger, Zoologische Briefe.

Wenn nun die exacte Wissenschaft, diese Zweitheilung zum Ausgangspunkt nehmend, durch die angestrengtesten Untersuchungen mit allen Hilfsmitteln der Neuzeit dahin kommt, zugeben zu müssen, daß es Geschöpfe giebt, welche sich ohne Zwang unter keinen dieser Begriffe unterordnen lassen, so hat sie das Recht sowohl als die Pflicht, einem solchen auf mangelhafter Kenntniß beruhenden Sprachgebrauch entgegenzutreten, und ihm gegenüber die Thatsache aufrecht zu erhalten: Der Unterschied zwischen Thier und Pflanze entspricht allerdings einer sehr tief greifenden Theilung des Stammbaums der organischen Wesen, aber es bleibt ein ungetheilter Stamm, der dieser Eintheilung trotzt, und dieser Stamm umfaßt niedere, meist einzellige Formen, ja umfaßt eine zahlreiche Abtheilung von Wesen zusammengesetzteren Baues, die wir noch bis heute mit Unrecht ohne Weiteres zu den Pflanzen stellen.

Die Sache ist zu interessant, als daß ich mich nicht etwas länger dabei verweilen sollte, um so mehr, als die Aufklärung über diesen Sachverhalt so ganz ausschließlich in das Gebiet der mikroskopischen Forschung gehört, und die Grenzlinie, wo das Unterscheiden zwischen Thier und Pflanze aufhört, größtentheils in das Bereich der mikroskopischen Wesen, mit deren Betrachtung wir uns jetzt abgeben, fällt. Ich will mich nicht dabei aufhalten, über die wesentlichen Merkmale dessen, was man thierisch nennt, zu reden. Wer sich hierfür interessirt, wird in meiner oben citirten Schrift das Nähere finden; hier will ich nur zeigen, woran die Eintheilung scheitert.

Einmal giebt es Wesen, welche in einer Periode ihres Lebens thierische Bewegung besitzen, in der anderen nicht. Solche Geschöpfe sind z. B. die Schleimpilze, von denen wir in einem späteren Abschnitt reden wollen. Diese müßte man demnach in dem einen Stadium ihres Lebens Thier, in dem andern Pflanze nennen. Solcher Wesen giebt es noch mehrere. Eine Reihe von sogenannten „einzelligen Algen" besitzt in ihren Jugendzuständen Bewegungsfähigkeit, die sich von der der Thiere nicht unterscheiden läßt, und der Umstand, daß der bewegungsfähige Zustand kürzer dauert, als der regungslose, kann doch wohl nicht dazu berechtigen, sie ohne Weiteres zu den Pflanzen zu rechnen.

Der zweite Zweifel kann dann auftauchen, wenn bei mehrzelligen Geschöpfen ein Theil der Zellen thierische Bewegung zeigt, der andere pflanzliche Ruhe. Hergebrachter Maßen rechnen wir freilich alle die, bei welchen die beweglichen Zellen einen ansehnlicheren Theil des Körpers bilden, zu den Thieren, und Wesen, bei denen nur einige Zellen beweglich sind, wie bei der Berberitze und den Mimosen, zu den Pflanzen, und praktisch kommt man bei mehrzelligen Geschöpfen deswegen weniger in Verlegenheit, weil denn da doch verwandtschaftliche Beziehungen zu Geschöpfen, denen keine solche Unentschiedenheit anhaftet, den Ausschlag geben können. Aber doch sind auch sie ein Beweis, daß man hier nicht von absolutem Geschiedensein sprechen darf.

Es giebt aber eine Gruppe von Wesen, ich meine die Pilze, die man trotzdem, daß mehrere bedeutende Botaniker Zweifel erhoben, mit Unrecht immer noch zu den Pflanzen stellt. Ich habe oben schon die Schleimpilze genannt, von denen es über allem Zweifel erhaben ist, daß sie in der ersten Periode ihres Lebens eine so lebhafte thierische Bewegung besitzen, wie die Wurzelfüßer, und es kann Niemand entgehen, daß das Mycelium aller Pilze Bewegungen besitzt, welche in mancher Beziehung sich von der Wachsthumsbewegung der Pflanzen unterscheiden, denn ihr Resultat ist eine förmliche Ortsveränderung. Das Mycelium der Pilze kriecht, und wenn man nun dazu hält, daß der ganze Lebensproceß von dem anderer Pflanzen abweicht, daß die Pilze kein Pflanzengrün und kein Stärkemehl enthalten, daß ihre Zellenwandungen stickstoffhaltig sind, und ihr Athmungsproceß gerade so vor sich geht, wie der der Thiere, daß ihr Körperbau wesentlich von dem der Pflanzen und Thiere abweicht, so wird man sich keinen Augenblick besinnen dürfen, diese Geschöpfe aus ihrer widernatürlichen Verbindung mit den Pflanzen herauszureißen, und sie für ein eigenes Reich zu erklären, das zwischen Thier- und Pflanzenreich in der Mitte steht, ja sich mehr dem Thierreich nähert, als dem der Pflanzen. Den Leser, der sich auf wissenschaftliche Spitzfindigkeiten nicht einlassen will, erinnere ich nur daran, daß Trüffeln, Morcheln, kurz alle eßbaren Pilze und Schwämme einen entschieden fleischartigen

Geschmack haben, was von keiner wirklichen Pflanze gesagt werden kann.

Sobald man das festhält, so verschwinden auch sogleich bedeutende Schwierigkeiten in der Auffassung des verwandtschaftlichen Verhältnisses zwischen Thier und Pflanze. Das organische Reich gliedert sich in einen ungetheilten Stamm, von dem zuerst das Reich der eigentlichen Pflanzen als Ast sich abtheilt, und der sich dann trennt in Thiere und Pilze.

Das glaubte ich der Betrachtung der mikroskopischen Wesen hier einfügen und zugleich als einen der wichtigsten Gesichtspunkte bezeichnen zu müssen, die wir einerseits der mikroskopischen Forschung verdanken, und andrerseits der Darwin'schen Betrachtungsmethode, welche der blinden Scheidungswuth, die in den letzten Jahrzehnten die Naturforscher beherrschte, ein „bis hierher und nicht weiter" entgegenstellt, indem sie neben den Verschiedenheiten auch noch die übereinstimmenden Merkmale zu berücksichtigen zwingt.

Der Leser, der vielleicht über dieser theoretischen Auseinandersetzung ein wenig die Geduld verloren hat, wird sie mir zu Gute halten, wenn er in der Folge sehen wird, welche Klarheit und Durchsichtigkeit durch diese Auffassung in das scheinbar complicirte Gewirre der anderen Lebewesen kommt.

VIII.

Die Regenmonade.

Man sollte glauben, daß ein Roman, der sich in dem engen Raum eines Regenfasses abspinnt, so durchsichtig und überblickbar sein müsse, als die Ereignisse in einer Kinderstube, und es gehört das ganze Verständniß dessen, was das Mikroskop leistet und nicht leistet, dazu, um es begreiflich zu finden, mit welch' unendlichen Schwierigkeiten die mi-

kroskopische Erforschung solch' kleiner Geschöpfe verbunden ist. In der That gehört, neben der unermüdlichsten Geduld, eine förmliche Erfindungsgabe dazu, um den Organismen auf ihren geheimen Schlupfwinkeln zu folgen, und sie in den zahlreichen Maskeraden wieder zu erkennen, welche sie bald unter der Form von Wachsthumszuständen, bald unter der Form von Generationen annehmen.

Je weiter man in der Kenntniß der niedersten Wesen voranschreitet, um so erstaunlicher complicirt sich ihr Entwicklungsgang, und es macht den Eindruck, als ob diese Geschöpfe wirklich in einer Art von Unfertigkeit nach allen Richtungen tasteten, um sich möglichst viel Bahn, die zur Producirung neuer Formen führen könnte, offen zu halten.

Als man anfing mit dem Mikroskop in der Hand Himmel, Erde und Wasser nach ihrem geheimen Leben zu durchforschen, da begnügte man sich damit, und mußte sich wohl begnügen vor der Menge des Materials, das einem entgegentrat, mit der Registrirung der einzelnen Formen. Man machte es, wie Adam und Eva im Paradies es gemacht haben sollen: Man ließ die Geschöpfe vorüberpassiren und gab ihnen ihren Namen, und überließ es einer kommenden Generation sie nach Paß und Herkommen zu fragen. Damit ist denn auch jetzt eine große Zahl von Forschern in redlichem und unermüdlichem Streben beschäftigt, und diesen geheimen Polizisten ist es gelungen, reichlich ein Dutzend alter Ehrenbergischer — nicht Species sondern — Genera unter einen Hut zu bringen. Die Namen: Chlamydomonas, Euglena, Trachelomonas, Gyges, Gonium, Pandorina, Botryocystis, Uvella, Syncrypta, Monas, Astasia, Bodo und vielleicht noch einige andere haben sich entpuppt, oder werden es noch thun als Entwicklungszustände eines einzigen Geschöpfes, der Regenmonade, des Protococcus oder Haematococcus pluvialis.

Es ist einleuchtend, daß ich unter der Menge mikroskopischer Geschöpfe eine sorgfältige Auswahl treffen muß, und nur die dem Leser vorführen darf, die weitere Blicke in das Leben und Treiben der organischen Welt überhaupt thun lassen, denn zu umständlicher

Kleinigkeitskrämerei taugen diese Blätter nicht, und da würde wohl dem Leser die Geduld ausgehen; aber die Geschichte der Regenmonade ist so reich an Gesichtspunkten, daß sich an sie ohne Zwang die ganze Geschichte der organischen Welt anfügen ließe.

Für's erste ist sie ein praktisches Beispiel für die Geschöpfe, von welchen ich im vorigen Abschnitt sprach, an denen die Entscheidung der Frage: ob sie Thier oder Pflanze seien, scheitert, denn in dem einen Stadium ihres Lebens zeigt sie thierische Bewegung, hervorgebracht durch zwei Flimmerhaare, die an dem einen Ende ihres Körpers sitzen (siehe Fig. 83 H, I, K, und L), und eine äußerst lebhafte Contraction ihres weichen Körpers; in dem andern Stadium, das auf derselben Fi-

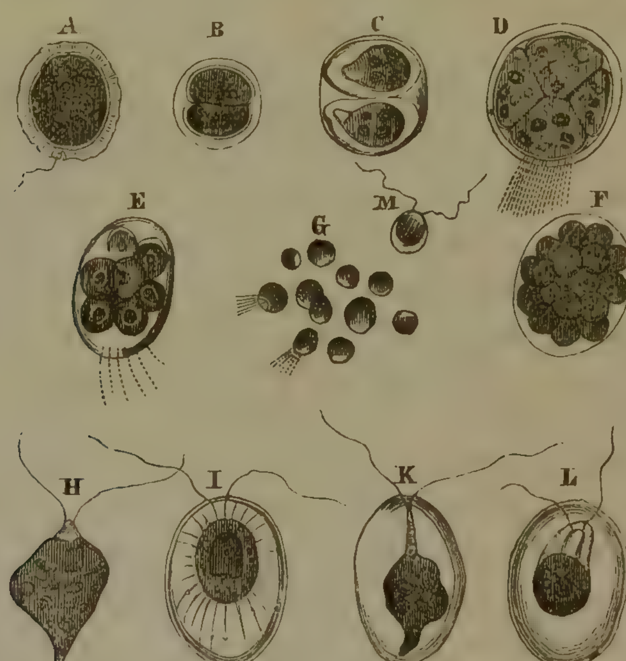


Fig. 83.

gur bei A und B abgebildet ist, ist sie so bewegungslos, wie es der Pflanzennatur entspricht. Sie zeigt blos die Bewegungserscheinungen, welche dem Wachsthumsproceß eigen sind, Größenzunahme und Theilungen.

Für's zweite hat uns die Entzifferung ihrer Geschichte von einem durch Ehrenberg in die Lehre der niedersten Organismen eingeführten Irrthum befreit. Dieser Forscher schrieb einigen Infusorien,

und gerade solchen, die sich später als Entwicklungszustände der Regenmonade herausstellten, wie er sonst alle möglichen Organe in ihnen gefunden haben wollte, unter anderem auch Augen zu. Dieses löste sich in folgenden einfachen Sachverhalt auf: Der lebendige Leib dieses einzelligen Wesens besteht aus einem klaren schleimigen Grundstoff, in welchem eine grüne Farbe gleichmäßig gelöst erscheint. Diese Farbe hat dieselbe Eigenschaft, wie der grüne Farbstoff der höheren Pflanzen, das sogenannte Chlorophyll, durch Sauerstoffaufnahme sich roth zu färben — die bekannte Erscheinung des Gelb- oder Rothwerdens der Blätter im Herbst. Bei unserer Regenmonade beginnt die Umwandlung des grünen Farbstoffes in den rothen an einer kleinen Stelle, um sich allmählig über die ganze Zelle auszubreiten. Es hat deshalb die Zelle im Beginn dieses Processes einen rothen Fleck auf grünem Grunde, und das ist's, was Ehrenberg für ein Auge hielt (seine Euglena). Die gänzlich roth gewordene Zelle ist sein Haematococcus.

Betrachten wir kurz die Geschichte an der Hand von Figur 83. A zeigt uns die Regenmonade in ihrem pflanzenähnlichen Zustand, umgeben von einer ziemlich festen Hülle bewegungslos am Grund einer Regenwasserpfütze liegend. Bei B sehen wir, wie die Monade innerhalb ihrer Cyste ihren Leib in zwei gleiche Theile getheilt hat, deren jeder bei C eine neue Cyste in der alten um sich gebildet und an dem einen Ende einen kegelförmigen farblosen Zapfen hervorgetrieben hat. Wohin diese Entwicklung führt, ist uns bis jetzt noch nicht genau bekannt. Meistens folgt auf den in B abgebildeten Zustand die bei D dargestellte Viertheilung des Inhalts, darauf die Achttheilung (E) bis zur Zweiunddreißigtheilung (F). Das letztere ist die Ehrenbergische Botryocystis. In diesem Zustand erfolgt die Sprengung der Cyste, und es kommen jetzt die einzelnen Partikelchen, in die sich der Zellleib getheilt hat, als kleine runde Körperchen zum Vorschein (G). Bald erscheinen an diesen zwei lange bewegliche Flimmerhaare (M) und es beginnt nebst dem Größenwachsthum die Absonderung einer klaren hellen, den gefärbten Theil der Zellen einschließenden

Hülle, in der Anfangs wie bei I der grüngefärbte lebendige Zellinhalt mit fadenförmigen Ausläufern versehen ist. Allmählig ziehen diese sich ein, und die Regenmonade erscheint nun in den zwei Formen, die in K und L abgebildet sind, um später wieder durch eine Einkapselung in den pflanzenähnlichen Zustand überzugehen, von dem wir ausgegangen sind.

So weit ist die Geschichte der Regenmonade entziffert, aber wir können mit Bestimmtheit sagen, daß damit noch nicht ihr ganzer Lebenslauf erkannt ist. Trotz all den Bemühungen — wir wissen das aus der Analogie mit verwandten Geschöpfen — fehlt uns ein wichtiger Theil derselben. Um dies dem Leser klar zu machen, füge ich die Lebensgeschichte eines verwandten Wesens, der Palmogloea macrococca bei.

Dies ist eine der niedern Organisationsformen, die man als grünen Schleim auf feuchten Steinen ausgebreitet sieht. Bringt man diesen Schleim unter das Mikroskop, so erkennt man, daß er aus einer Menge langer eiförmiger grüner Zellen besteht, die in einem schleimigen Grundstoff eingebettet liegen. Folgt man dem Entwicklungsgang dieser Pflanzen, so sieht man eine fortgesetzte Theilung senkrecht auf den langen Durchmesser der Zelle mit Bildung neuer

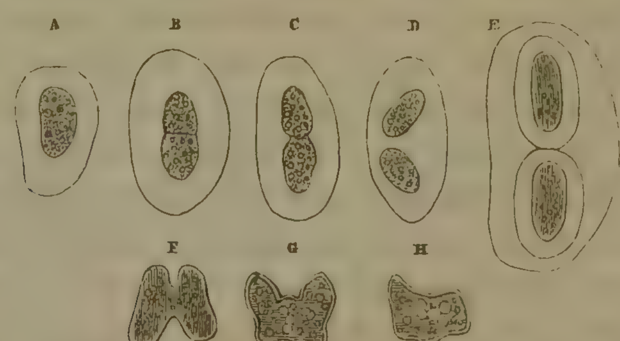


Fig. 84.

schleimiger Masse rund um die Theilungsproducte, wie dieses in Figur 84 von A—E dargestellt ist. Die Raschheit dieses Theilungsprocesses erklärt uns die Schnelligkeit, mit der solche niedere Pflanzen über Nacht erscheinen und größere Strecken überziehen.

Hat dieser Vorgang einige Zeit gedauert, so tritt ein anderer Proceß ein, von dessen Bedeutung für die Geschichte des organischen Lebens überhaupt wir jetzt schon einiges anführen wollen, eine sogenannte Conjugation.

Dieser Proceß besteht darin, daß zwei Zellen sich zusammenlegen, und zwar geschieht dies hier mit ihren flachen Seiten. Da wo sie sich berühren, stülpt sich die Zellensubstanz jeder einzelnen aus, es kommt zur Verschmelzung dieser Ausstülpungen, und zur Bildung einer Substanzbrücke (siehe F). Dies ist die Einleitung zu vollkommener Verschmelzung der beiden Zellen in eine, wie es G und H darstellt. Die so entstandene Zelle ist die Grundlage für eine neue Generation, denn jetzt beginnt die Zweitheilung von vorne.

Ehe ich die Nutzanwendung der Geschichte der Palmogloea auf die der Regenmonade mache, muß ich einige Worte über Conjugation voraufschicken: Die Theilung der Zellen in 2, 4, 8, 16, 32 ꝛc. neue Zellen entspricht dem, was bei den höheren Geschöpfen das Wachsthum ist. Es ist eine einfache Vermehrung der Zellenzahl durch Theilung; und der Unterschied zwischen dieser Vermehrung und dem Wachsthum eines höheren Thieres oder einer höheren Pflanze besteht nur darin, daß im ersteren Fall die Zellen einander gleich bleiben und sich entweder ganz von einander entfernen, oder durch eine für sie ganz gleichgültige Schleimsubstanz zur Colonie verbunden bleiben, während in den höheren Geschöpfen die Producte der Zelltheilung sich innig zusammenlegen, um einen geschichteten, von Systemen durchzogenen einheitlichen Körper zu bilden.

Die Conjugation dagegen entspricht den geschlechtlichen Vorgängen, sie ist derselbe Proceß wie das Eindringen des Samenfadens in das Ei der Thiere und des Pollenschlauchs in das Keimbläschen des Pflanzensamens, eine Durchmischung des Inhalts zweier verschiedener Zellen, die dem so entstandenen neuen Körper die durch den früheren Proceß der einfachen Theilung verloren gegangene Fähigkeit wiedergiebt, gerade so wie die Befruchtung des Eies durch den Samenfaden in ihm den Proceß der Theilung in Furchungskugeln wieder anregt. Da wir in einem der späteren Hefte von Zeugung

und Fortpflanzung speciell reden werden, so beschränke ich mich hier auf diese kurze Andeutung und gehe über zur Nutzanwendung für die Geschichte unserer Regenmonade.

Der Leser wird bemerkt haben, daß in dem Lebensabriß derselben nichts vorgekommen ist, was als eine solche Conjugation sich deuten ließe. Alle beschriebenen Entwicklungsstufen sind nichts anderes als Theilungserscheinungen. Da wir nicht nur bei der Palmogloea, sondern bei einer Reihe anderer Geschöpfe Conjugationserscheinungen beobachtet haben, und bei noch viel mehr sie bereits vermuthen können, und wie oben bemerkt die Conjugation der Zeugung entspricht, so können wir mit Grund annehmen, daß auch die Regenmonade einen ähnlichen Proceß durchmachen muß, wenn die Fähigkeit zur Theilung erloschen ist, und deswegen sagte ich: Ihre vollständige Geschichte ist noch nicht geschrieben.

Ist einerseits die immermehr zu Tage tretende Complicirung des Lebenslaufs der niederen Geschöpfe geeignet, entmuthigend zu wirken, so ist andrerseits gerade der Umstand, daß die Forschung zu dieser Erkenntniß gekommen ist, ein hoffnungsreiches Ereigniß. In der abgelaufenen Periode der Naturforschung hatte es den Anschein, als wolle sich unter den Händen der sorgfältigsten Beobachtung die organische Welt in immer mehr Atome auflösen, und dadurch die Möglichkeit eines Verständnisses, eines einheitlichen Plans immer weiter in die Ferne rücken. Jetzt aber, wo sich in der heute lebenden Welt allmählig der rothe Faden zeigt, der die Formen verknüpft, wo die Erforschung des Entwicklungsganges immer klarer die scheinbaren Irrgänge der Organismen in berechenbare Bahnen auflöst, wo der Zusammenhang zwischen den disjecta membra nicht mehr in das Bereich der frommen Wünsche gehört, da erwacht in uns die Hoffnung, daß wir nicht blos in dem heutigen Nebeneinander, sondern auch in dem zeitlichen Nacheinander den Faden finden werden, der uns das Verständniß der Lebewelt giebt, der sie uns darstellt als die Phasen einer gesetzmäßigen Entwicklung.

IX.

Das Kugelwesen.

Nicht minder interessant, als die Regenmonade, ist das in Figur 85 abgebildete, ungefähr 1/3 Linie große Geschöpf, welches seit seiner Entdeckung immer und immer wieder die Aufmerksamkeit der Forscher in den Gebieten der unsichtbaren Welt auf sich gezogen hat, und dem es trotzdem nicht besser geht, als der Regenmonade; auch sein Studium ist heute noch nicht abgeschlossen.



Fig. 85.

Der Volvox globator, von seinen ersten Entdeckern für ein unzweifelhaftes Thier erklärt, und deshalb Kugelthier genannt, später und von den meisten Forschern heute noch zu den Pflanzen gerechnet, gehört auch zu jenen Wesen, die dem ungetheilten Stamm angehören, von dem ich früher gesprochen. Doch wir wollen es zuerst schildern und erst dann die Erörterungen daran knüpfen, deren es werth ist.

Das Wesentliche des Körpers ist: 1) eine hohle Kugelschale, 2) eine je nach dem Entwicklungsstadium größere oder geringere Zahl von Kugeln in dem Hohlraum derselben. Die Kugelschale zeigt unter starker Vergrößerung das Ansehen, wie es Figur 86 wiedergiebt: in einer glashell durchsichtigen Grundsubstanz, die aus polygonalen Feldern besteht, sehen wir ein Netzwerk von Zellen, deren jede nach außen zwei bewegliche Flimmerhaare streckt, und durch zarte Ausläufer mit ihren Nachbarn zusammenhängt. Die Zellen selbst zeigen eine grüne Färbung, und in ihrem

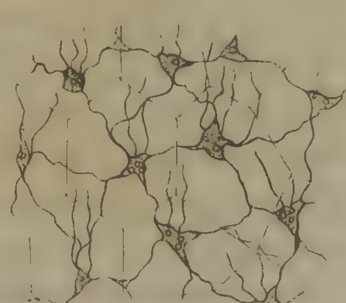


Fig. 86.

Innern erkennt man einen oder mehrere pulsirende Hohlräume, die ebensolche Contractionen ausführen, wie es von den entsprechenden Gebilden der Infusorien schon früher beschrieben wurde, und einen rothen Farbstofffleck. Vergleicht man die Lage dieser grünen verästelten Zellen mit den polygonalen Feldern des glashellen Grundstoffes, so sieht man, daß jede dieser Zellen im Centrum eines polygonalen Feldes liegt. Wenn wir die Verbindungsfäden derselben uns hinwegdenken — bei einem gewissen Entwicklungsstadium sind sie auch in der That nicht vorhanden — und uns die nur durch den gegenseitigen Druck entstandene polygonale Form auf die Grundform, die der Kugel, zurückführen, so ist die Aehnlichkeit eines solchen Gebildes mit einer Regenmonade, wie sie Figur 83 bei L zeigt, unverkennbar und wir könnten recht gut annehmen, daß die Kugelschale eine Colonie durch gegenseitigen Druck polygonal gewordener Regenmonaden sei.

Die Kugeln, welche in dem Hohlraum der Schale liegen, zeigen bei jüngeren Individuen das Ansehen, wie es Figur 87 a uns dar-

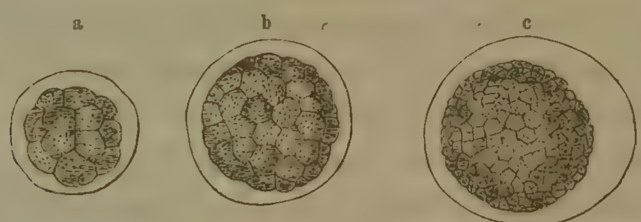


Fig. 87.

stellt, brombeerförmige Körper von einer glashellen Haut umgeben. Bei älteren Individuen tritt das Ansehen, wie es Figur 87 bei b und c zeigt, ein.

Was dieses Wesen zu einem der interessantesten mikroskopischen Schauobjecte macht, ist die rollende Bewegung, die es mit Hilfe der zahlreichen Flimmerhärchenpaare ausführt, die über die Oberfläche der Kugelschale hervorragen, und deren jedes einer Zelle derselben angehört. Bald dreht es sich nur um seine Axe, bald rollt es über das Sehfeld dahin, ein caleidoscopartiges Bild gewährend.

Ich lade den Leser ein, mit mir der Entwicklungsgeschichte dieses

Geschöpfes zu folgen, wie sie vor nicht langer Zeit von einem deutschen Naturforscher festgestellt wurde. Am verständlichsten wird sie, wenn wir anknüpfen an die in Figur 87 bei c abgebildete Gestalt der im Innern der Kugelschale liegenden dunkeln Kugeln, denn diese sind, wie ich vorausschicken muß, die Vorläufer eines neuen Kugelwesens. Sie bestehen aus einer großen Zahl durch Theilung entstandener, dicht an einander liegender grüner Zellen. Nach einiger Zeit sieht man, wie Figur 88 bei 1 darstellt — aber nur im Quer-

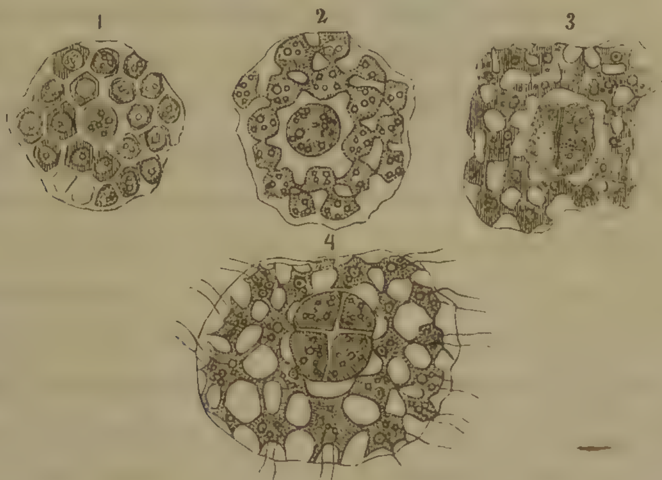


Fig. 88.

schnitt — daß die einzelnen Zellen durch Zwischenlagerung einer klaren Substanz von einander entfernt werden, und man kann deutlich unterscheiden, daß eine Zelle, im Centrum gelegen, etwas größer ist als die in der Peripherie. Allmählig wird (siehe 2) der Abstand der Zellen von einander immer größer, und während die mittlere Zelle an Umfang zunimmt, ist dieses bei den andern nicht der Fall, dagegen schmelzen sie in der Art zusammen, daß sich kurze breite Brücken zwischen ihnen bilden, und so die Grundlage zu dem Zellennetz gegeben wird, das wir oben bei Figur 86 gesehen haben. In 3 ist dies bereits weiter ausgebildet, die Mittelzelle hat sich in zwei getheilt, und bei 4 sehen wir die Flimmerhaarbildung, die fadenförmige Streckung der Communicationen zwischen den einzelnen Zellen, und die Mittelzelle ist der Viertheilung unterlegen. Es gehört nur wenig Phantasie dazu,

um sich diesen Entwicklungsgang fortzudenken bis zu dem in Figur 86 dargestellten Zustand der Kugelschale, von dem wir bei der Schilderung des Wesens ausgegangen sind. Zur Vervollständigung gehört nur noch, daß der erste Theil dieses Entwicklungsgangs verläuft, während die alte Kugelschale noch das Ganze umgiebt, daß später diese zu Grunde geht und das Junge sich freischwimmend vollends ausbildet; ferner daß die Mittelzelle, von deren Zwei- und Viertheilung wir gesprochen haben, der Beginn jener dunkeln Kugeln ist, die den Ausgangspunkt der geschilderten Entwicklung bilden; und endlich muß noch bemerkt werden, daß das Zellennetz der Kugelschale in so fern noch eine weitere Entwicklungsstufe einnimmt, als die Ausläufer, die die einzelnen Zellen verbinden, im vollen erwachsenen Zustand verschwinden, wovon jedoch bereits oben Erwähnung geschah.

Der bisher geschilderte Verlauf entspricht, wie wohl kaum auseinandergesetzt werden darf, nur den einfachen Wachsthumsvorgängen, wie sie durch Zelltheilung zu Stande kommen; und es ist nichts darin enthalten, was auf die geschlechtliche Vermischung oder Conjugation bezogen werden könnte; eine solche fehlt aber nicht. Bei erwachsenen Kugelwesen sieht man einzelne Zellen der Kugelschale größer werden, als die anderen, eine tiefer grüne Farbe bekommen und sich gegen den Hohlraum der Kugel verlängern; andere Zellen zerfallen ebenfalls unter Größenzunahme in eine Menge linienförmiger Körperchen mit Flimmerhaaren besetzt. Diese Körperchen, die nichts anderes sind als die männlichen Befruchtungselemente, brechen aus dem Raum, in dem sie entstanden sind, durch in den Hohlraum der Kugelschale. Dort bewegen sie sich lebhaft umher und an die zuerst besprochenen dunkelgrünen Zellen gekommen, hängen sie sich an sie fest, dringen in sie ein und verschmelzen mit ihnen: Also eine förmliche Befruchtung, wie sie bei höheren Geschöpfen stattfindet. Was aus diesen befruchteten Eizellen wird, zu erforschen, ist noch eine würdige Aufgabe für die Mikroskopiker. Von einem englischen Naturforscher wurde übrigens noch ein interessanter Vorgang beobachtet: Er hat gesehen, daß einzelne der Zellen in der Kugelschale unter Zunahme der Größe

die grüne Farbe verlieren, die regelmäßige Gestalt aufgeben und zu einem farblosen Schleimtröpfchen werden. Dieses enthält eine Anzahl rothbrauner Kügelchen und führt ganz dieselben Bewegungen aus, wie wir sie bei den Amöben bereits früher geschildert haben. Nach einigen Anstrengungen gelangt diese amöbenartige Zelle unter Durchbrechung des gelatinösen Grundstoffes in das Innere der Kugelhöhle, und kriecht dort, in Allem und Jedem einer Amöbe zum Verwechseln ähnlich, umher, an der Stelle der Kugelschale, wo sie saß, einen leeren Platz zurücklassend. Was aus diesem Geschöpf wird, ist noch völlig in Dunkel gehüllt; gewiß aber ist, daß an diesen Zustand sich ein weiterer Entwicklungsproceß anknüpfen muß, der auf irgend eine Weise wieder zum Ausgangspunkt zurückführt.

Ueberblicken wir das, was man von den verschiedenen Lebensphasen des Kugelwesens weiß, so tritt vor Allem zu Tage, daß hier eine noch weiter gehende Durchmischung von pflanzlichen und thierischen Zuständen vorhanden ist. So lange der Ausgangspunkt dieses Geschöpfs als dunkle Kugel in dem Innern der Kugelschale liegt, gleicht es in Allem und Jedem einer Pflanze. Die Ausbildung der Kugelschale mit ihrem Zellennetz hat bereits eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der Bildung der sogenannten Bindegewebe, wie wir sie in dem Körper der höheren Thiere finden. Sie entsprechen den Zellennetzen, deren ich bereits in der Einleitung gedachte, die die Grundlage des Blutgefäß- und Nervensystems der höheren Thiere sind. Ist es endlich zur Bildung der isolirten, der Regenmonade ähnlichen Körper in der Kugelschale mit ihren zwei Flimmerhaaren gekommen, so liegt der Zustand vor, wie wir ihn bei den Flagellaten — unbestrittenen Thieren — kennen, die sich durch das Schwingen ihrer Flimmerhaare bewegen. Nicht genug damit, daß der Volvox an die eine Gruppe der niedersten Thiere anlehnt, tritt auch durch das Erscheinen einer Amöbenform eine Verwandtschaft mit den Wurzelfüßern zu Tage.

Dem gegenüber hat der Umstand, daß der grüne Farbstoff der Zellen und die Bläuung der gelatinösen Grundsubstanz bei Zusatz von Jod und Schwefelsäure — ein Kennzeichen für die sogenannte Cellu-

lose — so wie der Athmungsproceß auf pflanzliche Natur hinweisen, nur die Bedeutung, daß in diesen Gebieten die Unterscheidung zwischen Thier und Pflanze aufgehört hat, denn wenn das nicht wäre, so müßte das Kugelwesen ohne Weiteres Thier genannt werden.

Für den Zusammenhang der Wesen nach vorwärts, in der Richtung einer zusammengesetzten Organisation, giebt uns der Volvox selbstverständlich keinen Aufschluß, denn diese sonderbare Ineinanderschachtelung nachfolgender Generationen, wie sie hier auftritt, findet sich nirgends wieder in der Entwicklungsgeschichte höher stehender Geschöpfe. Es ist eine Abirrung auf eine unfruchtbare Bahn, aus der nichts Neues entstehen konnte, wie wir solche an den verschiedensten Stellen des organischen Stammbaums wiederfinden; aber lehrreich ist sie als als ein Beispiel dafür, daß die Entwicklung der organischen Wesen alle Möglichkeit erschöpft, auch auf die Gefahr hin, daß sie einmal eine Richtung einschlägt, welche eine Sackgasse genannt werden kann. Man könnte aus der Zahl der mikroskopischen Wesen, die von den Naturforschern zu den sogenannten einzelligen Algen gerechnet werden, noch eine Menge solcher Beispiele anführen, und es ist bezeichnend, daß gerade bei den niedersten Organismen solche extravagante zu Nichts führende Richtungen am häufigsten vorkommen. Eben weil bei der Einfachheit der Geschöpfe noch Alles möglich ist, so erfolgt auch die Entwicklung nach allen Richtungen, aber von ihnen allen waren es eben nur wenige, die bahnbrechend sein konnten; die andern verliefen im Sand oder, um es richtiger zu sagen, blieben stationär, weil die äußeren Bedingungen ihrer Existenz noch vorhanden waren, während sie in sich selbst nicht den Keim der Weiterentwicklung trugen.

X.

Die Desmidien.

Das kleinste thierische Leben entgeht im Allgemeinen dem unbewaffneten Auge viel leichter als die mikroskopischen Geschöpfe, die wir näher zu den Pflanzen stellen dürfen. Die meisten Infusorien sind blaß und farblos, obwohl mit Ausnahmen, die ich schon oben bei den Infusorien angab. Die einzelligen Pflanzen aber machen sich, sobald sie in größerer Menge beisammen sind, durch eine bestimmte, in der Regel grüne Färbung des Wassers — denn dort ist ihre Heimath — kenntlich. Bald erscheint das Wasser gleichmäßig von Farbstoff durchdrungen, bald sind es blos grüne Ueberzüge des Grundes und der im Wasser liegenden Gegenstände, bald blos gefärbte Häutchen der Oberfläche.

In der Regenmonade haben wir bereits ein solches grünfärbendes Wesen betrachtet. Eine Reihe von sogenannten einzelligen Algen, die in ihrem vollreifen Zustande zusammenhängende gelatinöse Massen bilden, thun dies ebenfalls, wenn sie ihre Schwärmsporen ausschicken, aber von selbstständigen Wesen, die zu grüner Färbung des Wassers Veranlassung geben, will ich nur eine Gruppe herausheben, die sogenannten Desmidien. In der Regel liegen diese kleinen Geschöpfe am Grunde des Wassers, und zwar ist es ausschließlich stehendes oder sehr langsam fließendes Wasser, das im Sommer nicht austrocknet; z. B. Moorgräben. Sie bilden dort ein zartes schleimiges Lager oder, da manche Arten colonienweis leben, auch kleine zusammenhängende Massen. Die kleineren Arten, die ein geringeres specifisches Gewicht haben, findet man als grünen Ueberzug auf den Stengeln der Blätter niederer Wasserpflanzen, von denen man sie durch Abstreifen sammeln kann, und wieder andere durchschiffen in freier Bewegung das offene Wasser.

Es sind unscheinbare harmlose Geschöpfe, welche im Haushalt der Natur keine große Rolle einnehmen, ganz im Gegensatz zu ihren nächsten Verwandten, den Diatomeen, von denen wir später reden werden. Aber nebst dem, daß ihre Zellenformen einem fast immer begegnen, wenn man in stehendem Wasser zwischen den ersteren und Oscillatorienfäden nach Infusorien sucht, sind sie physiologisch interessant durch eigenthümliche, noch nicht recht aufgeklärte Bewegungserscheinungen. Viele dieser Pflanzen haben nämlich die Fähigkeit einer langsamen Ortsbewegung. Stellt man ein Gefäß, welches Desmidien enthält, so ans Fenster, daß eine Hälfte des Gefäßes von der Sonne beschienen wird, die andere im Schatten steht, so sieht man schon mit bloßem Auge, wie sich diese grünen Stäubchen allmählig in dem Sonnenfleckchen sammeln. Unter dem Mikroskop ziehen sie langsam, wie der Stern im Fernrohr über das Sehfeld hinweg.

Ehrenberg hat ihnen förmliche Füße angedichtet; das ist nicht richtig. Wie jedoch diese Bewegung zu Stande kommt, ist noch nicht sicher ermittelt. Man kann nur annehmen, daß sie im Zusammenhang steht mit einer Bewegung, die man im Innern der Zelle selbst wahrnimmt. Betrachte der Leser Figur 89. Es ist in A die

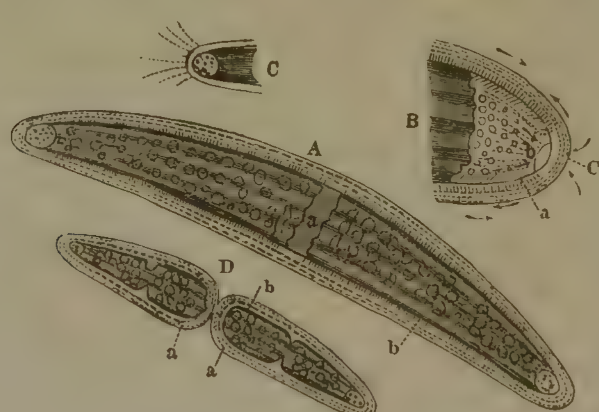


Fig. 89.

Desmidie, Closterium Lunula, dargestellt. Bei B ist unter starker Vergrößerung das eine Ende dieser Pflanzenzelle abgebildet, und durch Pfeile die Bewegung angedeutet, die man in ihr wahrnimmt. Diese

ist eine doppelte. Ich muß da vorausschicken, daß die Desmidien eine zweifache Hülle besitzen: eine äußere, ziemlich derbe, aus Cellulose (Holzfaser) bestehende und eine zweite innere, den sogenannten Primordialschlauch. Man sieht nun zu beiden Seiten des sogenannten Primordialschlauchs eine Strömung, die durch die Pfeile in Figur 89 B angedeutet ist, und erkennt bei genauem Zusehen als Ursache derselben eine doppelte Reihe von Flimmerhaaren, die der Primordialschlauch auf seiner innern und äußern Seite trägt. Am deutlichsten unter den innern Bewegungserscheinungen ist das Rotiren und Durcheinandergeschobenwerden des Häufchens kleiner glänzender Körner, die in dem mit farbloser Flüssigkeit gefüllten Raum an beiden Enden der Zelle liegen. Wenn man ein solches Wesen unter dem Mikroskop einem Druck aussetzt, so sieht man an dem spitzen Ende, wie es C darstellt, Fäden zum Vorschein kommen, die offenbar aus Zelleninhalt bestehen.

Diese Beobachtung glaubt man so deuten zu können, daß am spitzen Ende eine Durchbohrung der Zellenmembran stattfindet, und da ist es denn möglich, daß durch diese Poren hindurch die Bewegungen im Innern der Zelle auch auf das umgebende Wasser wirken und so ein Fortschreiten der ganzen Zelle zu Stande bringen können. Diese Bewegung ist immer geradlinig und man bemerkt dabei kein Ausweichen, wenn Hindernisse in den Weg kommen. Ein Beweis, daß dem Geschöpf keine Tastempfindung zukommt, sondern nur Lichteindruck die Bewegung regiert. Freilich sind diese Poren noch nicht gesehen worden, und es wird noch mancher Naturforscher sein Instrument auf diese kleinen Wesen richten müssen, ehe diese eigenthümlichen Erscheinungen und ihre Ursachen bekannt sind.

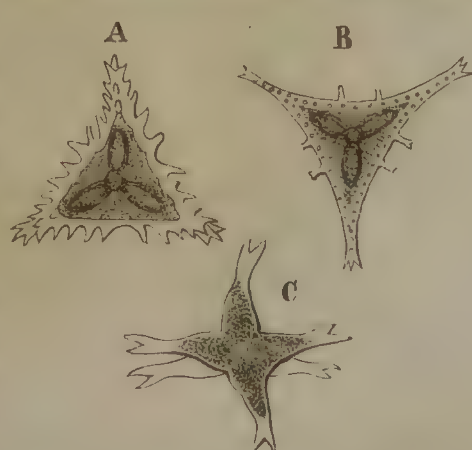


Fig. 90.

Der Bau der Desmidien ist der aller einzelligen Geschöpfe: Es sind entweder freilebende Zellen, oder es ist eine Partie solcher, durch eine schleimige Grundsubstanz, die als Ausscheidung derselben betrachtet werden muß, zu einer Colonie vereinigt. Die einzelne Zelle hat, wie schon bemerkt, eine ziemlich derbe Cellulosen-Hülle, die oft zierliche Fortsätze und Spitzen zeigt (siehe Fig. 90, wo einige Arten von Staurastrum abgebildet sind). Der Inhalt der Zelle ist ein Protoplasma, in dem freies Chlorophyll gelöst ist und die Eigen-

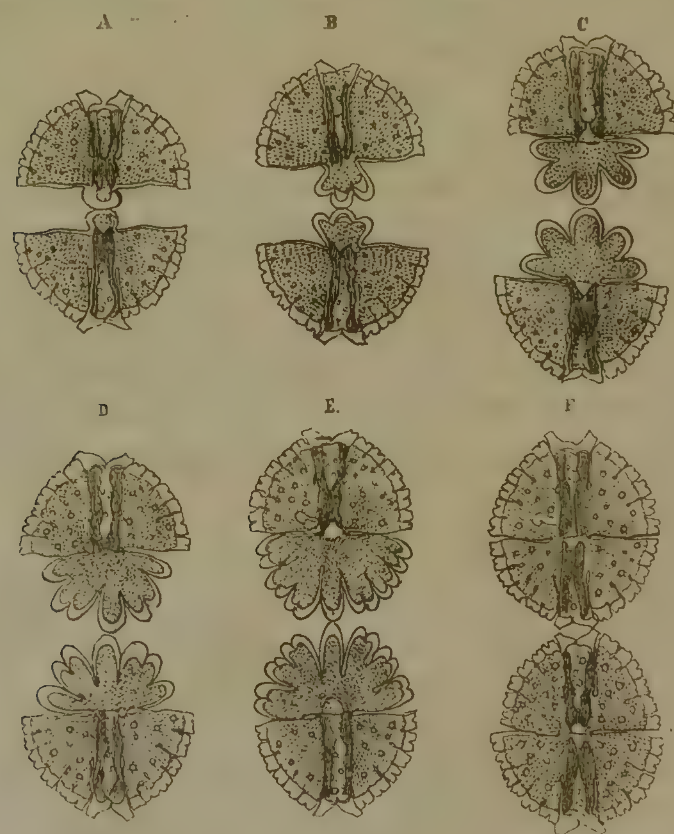


Fig. 91.

thümlichkeit, die die Naturforscher veranlaßte, diese Geschöpfe in eine Familie zu rechnen, ist die, daß die Zellen wenigstens in ihrem Inhalte eine Theilung in zwei gleiche Hälften zeigen. Schon bei Fig. 89 A wird dem Leser die Symmetrie der Figur aufgefallen sein, und der breite Theilungsstrich des Inhaltes bei a. Am entschieden-

sten tritt aber die Hälftigkeit hervor bei Formen wie Micrasterias denticulata (Fig. 91) und bei dieser Abbildung ist zugleich ersichtlich, daß diese Hälftigkeit mit dem Wachsthumsproceß dieser Geschöpfe in innigem Zusammenhang steht.

Die Stelle, an welcher die zwei Hälften zusammenstoßen, ist nämlich der Sitz vegetativer Thätigkeit, die zur Vermehrung führt. Man betrachte Figur 91 A bis F. Man sieht da, wie die zwei Hälften durch die Bildung zweier kolbiger Auswüchse von einander getrennt werden, und wie in fortlaufender Reihe jeder dieser Kolben zu einer neuen Zellenhälfte heranwächst, die mit der einen Hälfte der alten Zelle zusammen ein neues Individuum herstellt; ein sonderbarer Vorgang, wenn man bedenkt, daß bei dieser Vermehrung die Nachkommen aus der halben Elterzelle und einer halben neuen bestehen. Ist die Ausbildung der neuen Hälfte bis zur vollen Größe der Alten erfolgt, wie bei Figur 91 F, so lösen sich die Individuen entweder von einander los, um wieder selbstständig zu leben, und binnen Kurzem den gleichen Proceß zu wiederholen; oder es entsteht dadurch, daß die Zellen an einander kleben bleiben, eine linienförmige Colonie.

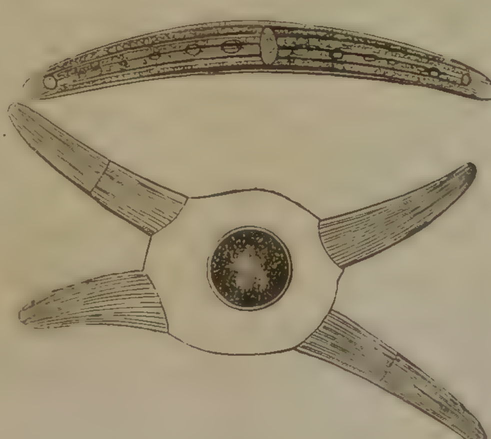


Fig. 92.

Ich habe schon im Früheren gesagt, daß wir bei einzelligen Geschöpfen als Aequivalent für geschlechtliche Fortpflanzung den Vorgang kennen, den man mit dem Namen Conjugation belegt hat. Die Desmidien sind die Familie, bei der man diesen interessanten Proceß am leichtesten und klarsten beobachten kann. Ich habe in Fig. 92 bei A ein Closterium striatulum in vollem lebendigem Zustande darstellen lassen. C zeigt uns den Vorgang der Conjugation. Zwei Individuen dieser leicht sichelförmig gebogenen Art haben sich mit den gewölbten Rändern zu einer X-förmigen Figur zusammengelegt; dann

lösten sich die beiden Schalenhälften jeder Zelle, wie es bei der oben beschriebenen Theilung stattfindet, von einander los. Aber statt eines kolbigen Auswuchses kam es zur Bildung einer schleimigen Masse, in deren hohles Centrum der Inhalt aller vier Zellenhälften sich ergoß, eine grün gefärbte Kugel bildend, während die Hüllen der alten Zellen leer zurückblieben, dem allmähligen Untergange geweiht.

Die dunkle Kugel, die sich allmählig mit einer derben Hülle umgiebt, ist die Grundlage neuer Generationen, und da sie sich in der Regel mit Einbruch der kalten Jahreszeit bilden, so kann man sie auch Wintersporen nennen. In manchen Fällen ist die Hülle dieser Sporen mit wunderlichen Zacken und Spitzen besetzt (siehe Fig. 93, welche in A eine volle, in B eine leere Zelle von Cosmarium botrytis und darunter eine Sporenkugel mit vier leeren Schalenhülsen darstellt).

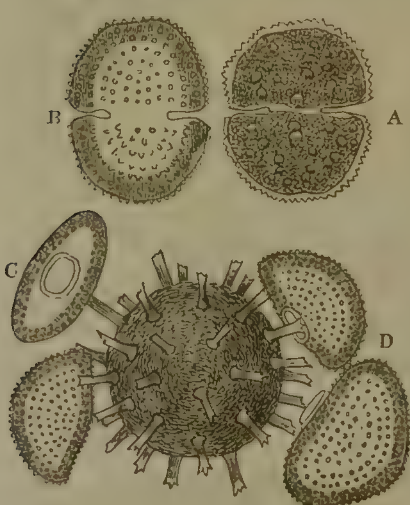


Fig. 93.

Nicht immer scheinen die Jungen, die aus einer solchen Sporenkugel sich entwickeln, sogleich der Ausgangsform zu entsprechen, denn es ist auffallend, daß manche Desmidienformen nie zwei Jahre nach einander in einem und demselben Tümpel erscheinen, trotzdem, daß man Sporenkugeln genug findet. Es scheint also hier eine Art Generationswechsel statt zu finden, eine von jenen Maskeraden, an denen die niedern Geschöpfe so reich sind und deren Verfolgung jetzt eines der Hauptziele der Detailforschung bildet.

XI.
Die Stückelalgen.

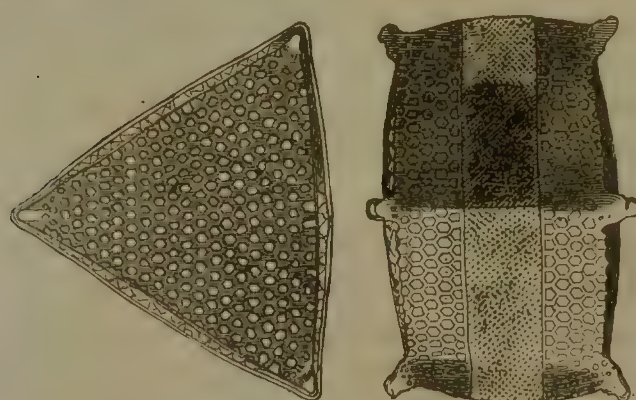
Schon der vorangehende Abschnitt wird dem Leser begreiflich machen, daß unter den winzigen Geschöpfen, welche man mit dem Namen Mikroskopische Pflanzen belegt, eine Mannigfaltigkeit von Formen und Verhältnissen zu finden sein werde, die der geordneten Beschreibung die größten Schwierigkeiten entgegensetzen. Es kann nicht Aufgabe dieses Buches sein, hier nur annäherungsweise eine Vollständigkeit zu erzielen, denn da, wo der Fachmann Mühe hat, sich zurecht zu finden, ja ich sage besser — sich noch nicht zurecht gefunden hat, sind nicht die Gebiete, wo der harmlose Spaziergänger sich zwanglos bewegen kann. So reich dieses Gebiet an schönen und zierlichen Gebilden ist, die so recht gemacht sind, um das Auge lustwandeln zu lassen, so ist doch der Ariadnefaden noch nicht gefunden, der spielend durch dieses Labyrinth hindurchführt. Ich will deshalb hier eklektisch zu Werke gehen, und nur die Hauptgruppen herausheben, die durch allgemeinere Bedeutung für die Geschichte unserer Erdrinde oder durch interessante Lebensvorgänge zur Betrachtung sich eignen, oder zu den geläufigen Erscheinungen unter dem Mikroskop gehören, sobald man sich nach den Zwergen des Wassers umsieht. Der erste Grund bestimmt zur Auswahl die Stückelalgen oder Diatomeen. Sie sind die reichste, schönste und geologisch wichtigste Familie der sogenannten einzelligen Algen.

Lauter außerordentlich kleine Geschöpfe, erscheinen sie dem bloßen Auge, wenn überhaupt sichtbar, nur als Stäubchen. Ihr Bau ist einfach im Großen und Ganzen, aber im Detail voll der zahlreichsten Feinheiten. Sie besitzen eine harte Schale, die ausnahmslos aus zwei, unter sich gleichen, leicht gewölbten und durch eine Naht verbundenen Hälften zusammengesetzt ist. Diese besteht aus Kieselsäure, die bekanntlich der Zerstörung trotzt, auch nachdem längst

das Leben entschwunden ist. Der Inhalt, den diese zwei Schälchen einschließen, ist ein glasig heller, gelbbraun gefärbter Schleim, Diatomin oder Basorin genannt, der übrigens nicht blos im Innern der Schale sich findet, sondern im Leben auch von außen die Schale mit einer dünnen Schicht überzieht. Als Inhalt der Zelle erkennt man bei den durchsichtigeren Arten einen blassen Zellkern, gehalten und umgeben von einem Klümpchen körnigen Protoplasmas, das mannigfache Ausstrahlungen besitzt, dazwischen größere und kleinere Oeltropfen, von denen die ersteren oft eine bestimmte Lage haben.

So einfach der Zelleninhalt ist, so complicirt und mannigfaltig sind die Kieselschalen, von denen ich eine größere Anzahl abgebildet habe, damit der Leser sieht, wie unendlich die Formenmannigfaltigkeit im kleinsten Raum bei allen Hartgebilden des Thier- und Pflanzenreichs ist, und weil diese unzerstörbaren Kieselschalen eine so wichtige Rolle auf unserer Erde spielen.

Das Wesentliche der Schale läßt sich schön erkennen an Figur 94, einer Diatomee, deren wissenschaftlicher Name Triceratium favus



A Fig. 94. B

ist. A ist die Oberansicht der einen Schalenhälfte und B zeigt das Geschöpf von der Seite, wobei man deutlich wahrnimmt, wie die zwei Schalenhälften durch ein breites Band zusammengefügt sind. Die Schalen bestehen, wie schon gesagt, aus Kieselsäure, demselben Stoff, den wir als Feuerstein kennen; und die zierlichen Bildungen der Oberfläche, die mehr oder weniger bei allen eine bienenwabenähnliche Figur

bilden, kommen durch sechseckige Grübchen zu Stand, die durch Leisten von einander getrennt sind. Auf den ersten Blick könnte man sich verleiten lassen, diese Gruben für Löcher zu halten und so diesen Wesen Gitterschalen zuzuschreiben, wie den Gitterthierchen. Darüber belehrt uns wohl eine Vergleichung dieser so häufig neben einander vorkommenden Schälchen leicht; aber dazu gehörte der Aufwand aller mikroskopischen Hilfsmittel, um zu entscheiden, ob diese sechseckigen Zeichnungen Wärzchen oder Grübchen sind.

Die Schale ist entweder flach, uhrglasförmig gewölbt, wie bei Arachnoidiscus, oder halbkugelig, oder gleicht, wie bei Triceratium, einem Schachteldeckel; die Umrisse, von oben gesehen, sind entweder dreieckig, wie bei der oben erwähnten Diatomee, oder schiffchenförmig, wie bei Figur 95, Pleurosigma angulatum. Die Schalen der Pleu-



Fig. 95.

rosigmen sind deshalb wichtig, weil sie, ehe man die seiner Zeit zu beschreibenden Nobert'schen Probetäfelchen hatte, neben den Schuppen mancher Schmetterlinge eines der wichtigsten Objecte für die Prü-

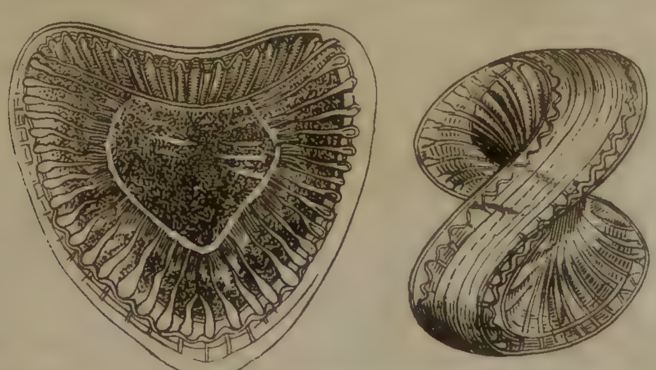


Fig. 96.

fung eines Mikroskops waren. So wie die Abbildung erscheint eine Pleurosigmaschale bei 500facher Vergrößerung eines guten Mikroskops. Eine weitere Complication der Formen zeigt Campylodiscus costatus

(Fig. 96); bei der Seitenansicht b erkennt man, daß die plattgedrückte Zelle eine leichte spiralige Drehung besitzt.

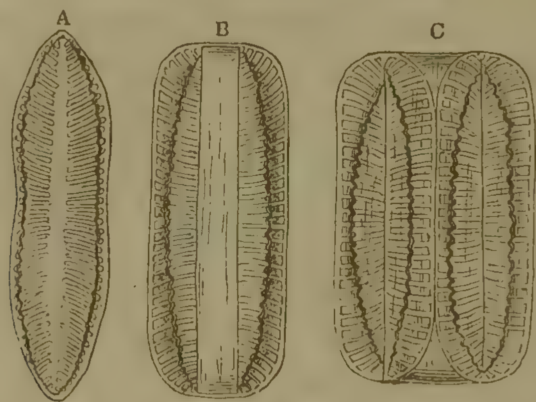


Fig. 97.

Die zwei Schalenhälften sind durch eine Naht mit einander verbunden, welche keine Kieselschale besitzt, sondern nur aus der weichen Zellenmembran besteht. Auf dem Vorhandensein dieser Naht beruht die Möglichkeit des Wachsthums dieser Geschöpfe und ihrer Vermehrung. Diese ist am deutlichsten zu sehen in der vorstehenden Figur 97, welche die Surirella constricta und zwar bei A von oben, bei B von der Seite und bei C in der Theilung begriffen zeigt. Durch die Zunahme des Zelleninhalts entfernen sich unter gleichzeitigem Breitenwachsthum der Naht die beiden Schalenhälften immer mehr von einander, und es beginnt nun in der Naht selbst die Bildung zweier neuen Schalenhälften, die ganz gleich sind den beiden alten. So kommen zwei Zellen zu Stande, deren jede aus einer alten und einer neuen Schale besteht. Ist diese Ergänzung abgeschlossen, so fängt der

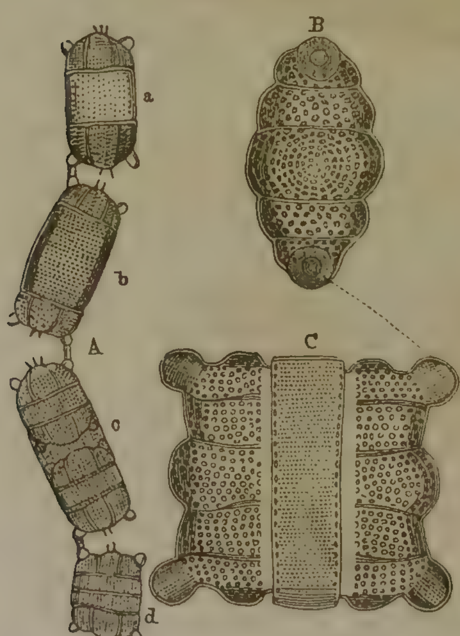


Fig. 98.

Schleim, der die beiden neuen Zellen noch zusammenhält, an zu schmelzen, und die beiden Zellen trennen sich. In manchen Fällen bleiben sie aber noch längere Zeit bei einander, und bilden Ketten von Zellen, wie diese in Figur 98 bei Biddulphia pulchella zu sehen ist, wo wir auch zugleich die verschiedenen Stadien der Theilung erblicken.

Während bei Biddulphia der Zusammenhang ein äußerst lockerer ist, giebt es andere Formen, bei denen die Ketten von Zellen enger



Fig. 99.

verbunden bleiben, wie z. B. bei Melosira subflexilis (Fig. 99) und Melosira varians (Fig. 100), eine Gruppe, die noch die Eigenthümlichkeit zeigt, daß die Kette aus zweierlei Zellen zusammengesetzt ist,

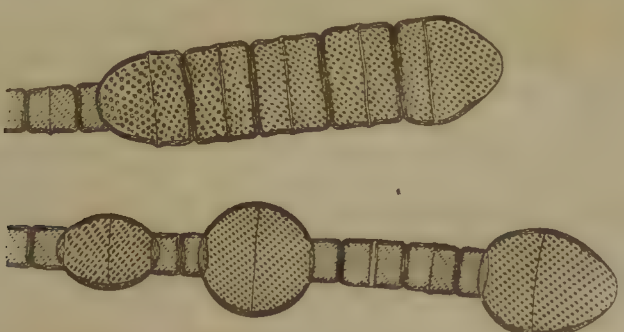


Fig. 100.

lichkeit zeigt, daß die Kette aus zweierlei Zellen zusammengesetzt ist, aus größeren und aus kleineren. Sind die einzelnen Zellen nicht in die Länge sondern in die Breite entwickelt und in dieser Richtung



Fig. 101.

keilförmig, so kommen spiralig gerollte Ketten zu Stande wie bei Meridion circulare. Am interessantesten ist das Verhalten der Bacillarien (Fig. 101). Die einzelnen stabförmigen Zellen bleiben

mit ihren Flächen an einander haften, allein statt in dieser Lage unverrückt zu verharren, schleifen sie in unaufhörlicher regelmäßiger Bewegung auf einander hin und her. Sind sie in der einen Richtung so weit an einander vorbei, daß sie sich eben noch berühren, so schlüpfen sie wieder an einander, bis sie in entgegengesetzter Stellung sich befinden. Diese auf den ersten Blick höchst frappante Bewegung macht eine solche Bacillariencolonie zu einem der schönsten Objecte. Eine weitere interessante und häufig an Süßwasserpflanzen sitzende Diatomeencolonie ist die Siemophora flabellata (Fig. 102). Die wie bei Meridion keilförmigen Zellen liegen fächerförmig beisammen und stehen auf glashellen Stielen.



Fig. 102.

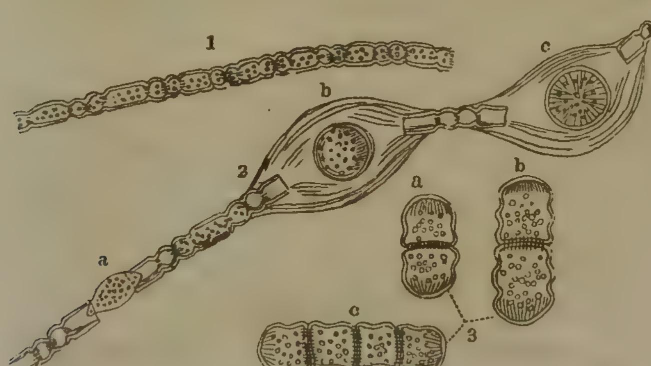


Fig. 103.

Die Fortpflanzung der Diatomeen geschieht vorzugsweise durch die schon beschriebene Theilung, allein man kennt auch den Proceß der sogenannten Conjugation, von dem ich schon bei den Desmidien

gesprochen habe, und Figur 103 stellt diesen Proceß bei der Melosira italica dar. Bei 1 ist der einfache Faden dieser Diatomee und in 2 sieht man bei a den Inhalt zweier Zellen aus ihren Kieselschalen sich herausziehen, in b ist er kugelig geworden und hat eine Hülle aus klarem Schleim um sich abgesondert, die bei c bereits weiter entwickelt ist, und in 3 a, b und c ist die Entwicklung einer neuen Kette aus diesem sogenannten Sporangium dargestellt.



Fig. 104.

Zur Vervollständigung der Uebersicht über dieses reiche Geschlecht setze ich die Abbildung von Gomphonema geminatum (Fig. 104) her, bei der nicht nur die Zellen, sondern auch die Stiele, auf denen sie sitzen, sich theilen, oder richtiger gesagt, wo, sobald die Theilung bis zum Anfang am Stiel erfolgt ist, jede Zelle einen neuen Stiel treibt, und in Figur 105 die einzelnen Zellen derselben unter stärkerer Vergrößerung (A Stielansicht, B Seitenansicht, C dieselbe während der Theilung). Figur 106 ist die zierliche Achnanthes longipes.

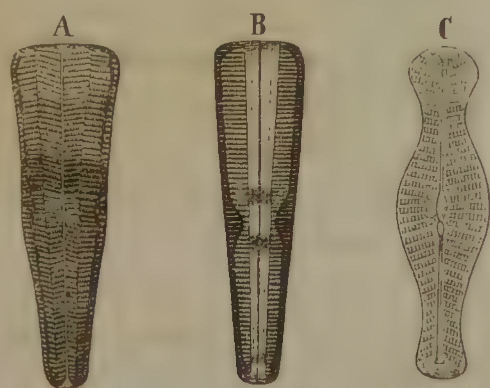


Fig. 105.

Damit haben wir den Formenkreis der Diatomeen in seinen wichtigsten Repräsentanten kennen gelernt, und es erübrigt jetzt nur noch von den eigenthümlichen Bewegungserscheinungen der Diatomeen zu reden, die ihre Stellung im System so zweifelhaft gemacht

haben, und von der Bedeutung, welche diese Geschöpfe für die Geschichte unserer Erdrinde und für den Haushalt des Menschen haben.



Fig. 106.

Die auf Stielen stehenden Diatomeen zeigen schwankende Bewegungen, von der schleifenden Bewegung der Bacillarien habe ich schon gesprochen, und die schiffchenförmigen gelben Navicellen, beiläufig gesagt die häufigste Erscheinung unter dem Mikroskop, wenn man Infusorienwasser untersucht, kriechen in der Richtung ihrer langen Axe an festen Gegenständen in einer Art, die allerdings auffallend an die Bewegungen der Infusorien erinnert und es begreiflich macht, daß man diese Geschöpfe früher ohne weiteres mit den Infusorien zusammen geworfen hat. Wie bei den Desmidiaceen hat man auch für die Bewegungen der Stückelalgen noch keine genügende mechanische Erklärung. Doch scheint es nach neuesten Beobachtungen wahrscheinlich, daß auf den nahtförmigen Linien glasige Sarkode sich bewegt, freilich kann man sie nur erschließen, nicht sehen. Was die Stellung im System betrifft, so werden wir, wenn auch das chemische Verhalten, der Mangel an Stickstoff und das Vorhandensein von Farbstoffen einiges Recht giebt, sie den Pflanzen nahe zu rechnen, doch besser thun, sie dem ungetheilten Stamm einzuverleiben, der weder Thier noch Pflanze ist.

Der Bedeutung, welche diese Geschöpfe durch ihre unverwüstbare Kieselschale für unsere Erdrinde haben, wollen wir einen eignen Abschnitt widmen.

Anhang zu den Stückelalgen.

Wie lange ist es her, daß der Geognost und Mineraloge kein anderes Werkzeug der Untersuchung kannte und benutzte als seinen Hammer, sein Löthrohr und ein paar Reagentien? Kaum wenig Jahrzehnte ist das Mikroskop auch in dieser Wissenschaft zu Ehren

gekommen, seit es gelang, eine Reihe von bedeutenden Erd- und Gesteinsschichten als Machwerk mikroskopischer Geschöpfe zu erkennen.

Schon bei den Wurzelfüßern habe ich Gelegenheit gehabt davon zu sprechen, wie die unsichtbare Welt sich noch weit bedeutendere Denkmale in der Geschichte unserer Erdrinde setzte, als die sichtbare je vermocht, und die Stückelalgen sind mit den Wurzelfüßern und Gitterthierchen die dritten im Bunde jener unsichtbaren Baumeister. Ich muß jedoch da etwas vorausschicken über den Aufenthaltsort der Stückelalgen.

Diese Geschöpfe sind der weitaus größten Zahl nach Wasserbewohner, ein Theil derselben begnügt sich jedoch mit der capillaren Feuchtigkeit des Bodens, wie sie da sich findet, wo das Sickerwasser nicht zu entfernt von der Oberfläche ist. Wenige kosmopolitische Arten ausgenommen unterscheiden sich die Süßwasserbewohner (wozu auch die des feuchten Bodens gehören) von den meerbewohnenden Arten. Bei den ersteren herrschen die reiskorn- oder weberschiffähnlichen Navicellen, Gomphonemen, Surirellen, Pinnularien, Gallionellen &c. vor, während im Meere die scheibenförmigen Gestalten der Actinocyclus, Actinoptychus, Coscinodiscus &c. charakteristisch sind. Die Unterschiede sind so scharf, daß man aus der mikroskopischen Bevölkerung einer Erdschichte mit Bestimmtheit erkennen kann, ob sie eine Meeres- oder Süßwasserbildung ist.

Im Süßwasser findet man die Stückelalgen entweder auf dem Grunde liegend oder festsitzend an Pflanzen oder kriechend in den Oscillatorien- und Confervenfilzen, häufig aber treten sie auch freischwimmend auf und zwar in solcher Menge, daß sie das Wasser der Flüsse auf weithin trüben. Ehrenberg hat eine Menge solcher Flußtrübungen als ausschließlich durch Stückelalgen verursacht erkannt, doch ist nicht wohl anzunehmen, daß das strömende Wasser ihr eigentlicher Wohnsitz ist, den haben wir wohl mehr im stehenden zu suchen, von wo sie dann ins Freie geschwemmt und fortgeführt werden.

Im Meere finden sie sich allerwärts, erlangen aber ihre Hauptbedeutung am Grunde desselben, den sie bis in die größten Tiefen

hinab bewohnen und bis zu den höchsten Breitengraden. Dort sind sie mit den Wurzelfüßern und Gitterthierchen fast die einzigen Vertreter organischen Lebens. Besonders massenhaft finden sie sich im Meere in der Nähe von vulcanischen Herden; ja — was anfangs großes Aufsehen erregte — man entdeckte ihre Schalen in Menge in vulcanischen Auswürflingen. Diese beiden Erscheinungen stehen in innigem Zusammenhang. Die Stückelalgen brauchen zur Bildung ihrer Kieselschalen in Wasser gelöste Kieselerde. Nun ist die Kieselerde ein Stoff, der mit wenigen Ausnahmen nur durch Kochen oder Schmelzen aus seiner unlöslichen Verbindung mit Erden ꝛc. befreit und in das lösliche Kieselerdehydrat verwandelt werden kann. Wir finden demgemäß diesen Stoff in allen warmen Quellen, die vulcanischem Boden entspringen, in reichlicher Menge — berühmt sind in dieser Beziehung manche heiße Quellen Neuseelands. Wo nun solche vulcanische Quellen unterseeisch ausmünden, da ist eine wahre Brutstelle für Stückelalgen und wenn nun in der Quellader eine rückläufige Bewegung des Wassers eintritt, so werden die Diatomeen ins Innere des Kraters gerissen und erscheinen im Auswurf des Vulcans.

Hierher gehört auch die Massenhaftigkeit der Stückelalgen in manchen Mineralquellen: die unter dem Namen Kieselguhre bekannten feinen Schlammsorten, die sie absetzen z. B. in Franzensbad, bestehen aus lauter Diatomeenschalen.

Die Bedeutung dieser Wesen liegt nun eben darin, daß sie überall — und im Meer in Verbindung mit den Gitterthierchen und Schwämmen — die gelöste Kieselerde wieder in die unlösliche Form zurückführen, das Wasser von Kieselsäure reinigen und sie wieder zu einem Bestandtheil der festen Erdrinde machen. So zart auch die Kieselschälchen sind, so besitzen sie doch eine unendliche Dauerhaftigkeit — das beste Beispiel ist ihr Vorkommen in vulcanischen Auswürfen und ihre Erhaltung in den gebrannten Ziegelsteinen und es ist begreiflich, daß da, wo ihre Vegetation Jahrhunderte und Jahrtausende ungestört fortdauert, mächtige Lager von diesen Schalen er-

zeugt werden müssen; das größte, das man bis jetzt kennt, liegt am Fallriver in Oregon (Nordamerika) und ist 500 Fuß dick.

Um eine Vorstellung von der weitgreifenden geologischen Bedeutung der Diatomeen zu bekommen, ist es am besten, wenn ich eine kurze Uebersicht dieser sogenannten Infusorienlager gebe, freilich nicht nach Localitäten, denn diese zählen nach Hunderten, sondern nur nach den Erscheinungsformen.

Reich an Stückelalgenschalen sind selbstverständlich die Torfe und Alles, was von ihnen abstammt, also Torfkohle und schwarzes Ackerland, aber da sind sie gemischt mit den Resten anderer Torfpflanzen. Fast rein sind die Diatomeenschalen in den sogenannten Kieselguhren, die wohl meist kieselhaltigen Quellen ihre Entstehung verdanken, dann die sogenannten Bergmehle oder eßbaren Erden, von denen sich ausgedehnte Lager in Skandinavien, Italien, Brasilien 2c. finden. Ferner sind manche Süßwassermergel fast nur aus Diatomeenschalen gebildet.



Fig. 107.

Von Gesteinsarten ist es vor Allem der Tripel, der aus Diatomeenschalen besteht; Figur 107 stellt ein solches Gestein (Süßwasserbildung)

von Jastraba in Ungarn dar, weiter gehören hierher die Halbopale und Polirschiefer. Eines der merkwürdigsten Lager findet sich unter Berlin: und zwar deshalb merkwürdig, weil es noch im Wachsthum begriffen scheint, denn die oberflächlichsten Lagen sind noch lebendig und in Vegetation. Dieses Lager ist stellenweise bis zu 100 Fuß mächtig und erstreckt sich unter der ganzen Stadt hin: für das bloße Auge ein schwammiger silbergrauer Thon, für das Mikroskop aber zu zwei Drittheilen aus nicht weniger als 90 verschiedenen Diatomeenarten und Schwammnadeln ꝛc. zusammengesetzt.

Die vorerwähnten Schichten sind Süßwassergebilde. Von Meeresbildungen aus Diatomeen kennen wir vorzugsweise die Polirschiefer von Oran, von dem Figur 108 eine Ansicht zeigt, dann ein mächtiges



Fig. 108.

Gebirgslager aus Richmond in Virginien. In den Mergeln von der Insel Aegina ist den Diatomeenpanzern ein Bruchtheil von kalkigen Wurzelfüßerschalen beigemengt sowie Gitterthierchen.

Weiter interessant ist das massenhafte Vorkommen der Diatomeen auf dem Grunde der Polarmeere, insbesondere des

Südpolarmeers, dort müssen kolossale unterseeische Lager vorhanden sein.

Einer der ergiebigsten Fundorte für Meerdiatomeen ist der Guano. Die Schollen (oder Schellfische), die bekanntlich die Hauptnahrung der Guano producirenden Seevögel sind, scheinen vorzugsweise von Diatomeen zu leben und da die Schalen in den Verdauungssäften unlöslich sind, so passiren sie den Darm von Fisch und Vogel ohne Schaden und finden sich in Massen im Guano.

Vergleicht man die Verbreitung der kieselschaligen Geschöpfe (der Diatomeen und Gitterthierchen) mit den kalkschaligen (den Wurzelfüßern), so tritt als Hauptunterschied folgender hervor: Während die Kalkthiere Schichten von kolossaler Flächenausdehnung bilden, sind die Kieselthiere auf kleinere Flächen beschränkt, nesterweise vertheilt, allerdings auch über die ganze Erde, aber nirgends in so großen zusammenhängenden Lagern. Die Ursache liegt in der Verschiedenartigkeit der Lebensbedingungen. Wer liefert den Kalkthierchen des Meeres ihren Kalk? Die Flüsse! Und wer liefert den Kieselthierchen die Kieselerde? Vulcanische Quellen! Diese letzteren sind locale Erscheinungen nach Raum und Zeit, während die Flüsse universelle, nie versiegende Lieferanten sind. Und wie groß ist der Unterschied in der Quantität! Wie spärlich ist die Menge Kieselerde, die dem Meere zugeführt wird gegenüber den Massen von Kalk, die die Flüsse jährlich hinaustragen!

Weniger leicht scheint auf den ersten Blick die Thatsache erklärlich, daß im süßen Wasser das umgekehrte Verhältniß stattfindet, daß die kieselschaligen Geschöpfe weit häufiger und zahlreicher sind als die kalkschaligen, doch hat dieses seinen sehr einfachen Grund. Das Lösungsmittel für den Kalk ist die Kohlensäure. Dieses Gas bildet einen der Hauptnahrungsstoffe für die Pflanzen. Halten wir nun das enorme Uebergewicht des Pflanzenlebens im süßen Wasser gegen die Vegetationsarmuth des Meeres, so wird es begreiflich sein, daß im süßen Wasser dem Kalk weit schneller die ihn lösende Kohlensäure entzogen, und der Kalk so auch schneller niedergeschlagen werden

muß, als im Meere. Das kalkschalige Wesen hat also im Süßwasser weit geringere Mengen von Kalk zur Disposition, und damit stimmt auch die Dünnschaligkeit der Süßwasserschnecken und Muscheln gegenüber den massigen Schalen ihrer Verwandten im Meere.

Wir werden später, wenn wir den Einfluß der unsichtbaren Wesen auf die Stoffbewegung unseres Erdkörpers im Zusammenhang betrachten, noch einmal auf diese Verhältnisse zurückkommen, es möge vor der Hand das Gesagte genügen, um dem Leser eine Ahnung von der Allgegenwart und Macht des mikroskopischen Lebens beizubringen. Denn je vollkommener unsere Instrumente, je intensiver unsere Beobachtung wird, um so mehr erschließt sich der Alles durchdringende und beherrschende Einfluß desselben. Wir kommen erst jetzt zur Erkenntniß, daß der Haushalt der Natur gänzlich unverständlich bleiben mußte, so lange wir nicht in diese Gebiete eingedrungen waren.

XII.
Der Staub der Luft.

Eines der merkwürdigsten, vielbesprochensten, vielbestrittensten und schließlich doch in seiner großen Wichtigkeit anerkannten Elemente im Haushalt der Natur. Untersucht man den Staub, wie er sich in unsern Zimmern, auf Möbeln, Büchern ꝛc. niederschlägt, so findet man freilich nicht viel Erhebliches. Es sind kleine Quarzkrystalle, Kalkstäubchen, Rußpartikelchen, Reste zerfallener Pflanzenstoffe, Fäden von Geweben, natürlich lauter Stoffe, deren Gegenwart in der Luft für uns in so fern nicht ganz gleichgültig ist, als wir ihn in unsere Athmungswerkzeuge einführen, wo er reizend und krankheiterzeugend wirkt. Die wichtigsten Dinge, die der Staub der Luft enthält, muß man auf einem andern etwas mühsameren Weg suchen.

Bringt man in eine an beiden Enden offene Glasröhre einen kleinen Pfropf lockerer Schießbaumwolle, und setzt das eine Ende in Verbindung mit einem Saug-Apparat, so wird die Luft, die durch die Zwischenräume der Baumwolle streicht, gezwungen, dort Alles, was sie mit sich führt, abzulagern, sie wird gleichsam filtrirt. Entfernt man nach einiger Zeit diese Schießbaumwolle, und löst sie in einem Gemenge von Aether und Alkohol auf, so bekommt man als Bodensatz Alles, was die Luft mit sich umherführt. Dieser Bodensatz unterscheidet sich von dem ruhenden Staub, von dem ich vorhin sprach, wesentlich. Während in dem letzteren eben nur die schwereren, leicht sich niederlegenden Bestandtheile enthalten sind, filtrirt man mit der Baumwolle jene leichten in der Luft suspendirten Theilchen, auf die es hier vorzugsweise ankommt. Figur 109 zeigt uns in A die Bestandtheile des Staubs, nachdem durch Säure die Kalktheilchen entfernt sind, und bei B denselben Staub mit etwas Jod behandelt, wobei einige der Körper sich dunkel gefärbt haben als Beweis ihres pflanzlichen Ursprungs. Es ist das Verdienst eines französischen Naturforschers, uns durch eine Reihe scharfsinniger Experimente gezeigt zu haben, daß diese Staubpartikelchen Keime von niederen Organismen sind, die eine der wichtigsten Rollen in der Natur spielen, indem sie es sind, die die Gährungserscheinungen hervorrufen. Doch davon später, ich will dem Leser zuerst kurz schildern, wie es gelungen ist, die Natur dieser unendlich feinen Körperchen mit Bestimmtheit festzustellen.

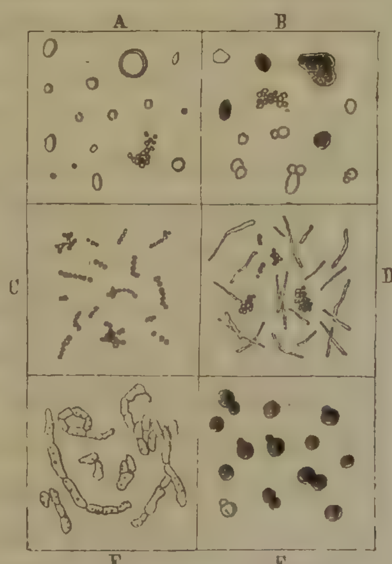


Fig. 109.

Bereits frühere Untersuchungen hatten gezeigt, daß die Gährung der Bierwürze ganz allein durch das Wachsthum eines pilzartigen Gebildes, der sogenannten Hefenzellen, hervorgerufen wird, daß bei Abwesenheit dieser Zellen in der Bierwürze keinerlei Veränderungen

vor sich gehen. Andrerseits war durch Versuche festgestellt, daß, wenn man Bierwürze, in der bereits Hefenzellen sich finden, einige Minuten lang kocht, diese getödtet werden und allen Einfluß verlieren. Pasteur machte nun seine Versuche in folgender Weise:

Er sammelte auf die früher angegebene Manier den Staub der Luft — nur nahm er statt Schießbaumwolle Asbest — und brachte diesen in ein Gefäß mit gekochter Bierwürze, von der er sich durch mehrmonatliches Stehenlassen bei zugeschmolzener Oeffnung überzeugt hatte, daß die etwa früher vorhandene Hefe gänzlich wirkungslos war. Die Einführung des Staubs geschah so, daß absolut keine andern organischen Bestandtheile in den Glaskolben gelangen konnten, als diejenigen, welche im Staub der Luft aufgefangen waren. Was geschah? Schon nach wenigen Stunden fing die Flüssigkeit an, sich zu ändern, aus dem Staub keimten Pilzfäden hervor, die Flüssigkeit trübte sich, und bald waren alle Zeichen vollkommener Gährung vorhanden. Die Untersuchung mit dem Mikroskop ergab, daß die Trübung in allen Fällen von Organismen herkomme, die wir allgemein als Bestandtheile von Hefe bezeichnen wollen, und die in Figur 109 C, D, E und F abgebildet sind.

Nachdem diese Grundlage gewonnen war, die nämlich, daß aus in der Luft schwebenden Körnchen Gährung erzeugende Hefe hervorgehe, wurden die Versuche weiter ausgedehnt, um die Natur der Gährung überhaupt, und die Verhältnisse, unter denen sie vorkommt, zu ermitteln, und diese führten dann zu dem höchst wichtigen Resultat, daß alle bekannten Gährungen, also die Gährung des Zuckers in Alkohol, wie es bei Wein und Bier vorkommt, die Gährung der Milch, wie sie mit dem Gerinnen beginnt und mit der Käsebildung endigt, die Fäulniß von Fleischwasser, überhaupt des Fleisches, die ammoniakalische Gährung des Urins, in der Art von dem Vorhandensein solcher organischer Staubtheilchen abhänge, daß ohne sie alle diese Stoffe, sogar die empfindlichsten, monatelang gänzlich unverändert bleiben, sobald man nur, durch vorhergängiges Kochen und Zuschmelzen des Gefäßes während des Kochens, genügend Sorge trägt,

daß die bereits in der Flüssigkeit vorhandenen Keime zerstört werden. Die Milch machte in so fern eine Ausnahme von den andern Stoffen, als bei ihr das Kochen bei der gewöhnlichen Siedhitze (80° R., 100° C.) nicht im Stande war, die in ihr bereits vorhandenen Keime zu zerstören. Sie mußte mittelst eines einfachen dampfspannenden Apparats wenigstens auf 108° C. erwärmt werden, um dann unter Luftschluß ebenso unveränderlich zu bleiben, wie die anderen Flüssigkeiten.

Man kannte diese Thatsache, d. h. daß gekochte, leichtzersetzliche Substanzen bei vollkommen hermetischem Verschluß sich nicht verändern, seit langem; ja, sie wurde schon Jahre zuvor praktisch verwendet zur Anfertigung conservirter Früchte, Gemüse, Fleisch rc., aber man hatte bisher immer geglaubt, daß nur der Mangel des Sauerstoffes es sei, der das Conservirtbleiben bewirke. Mit den Experimenten Pasteur's war ein neues Licht aufgegangen. Nicht nur wies er nach, daß solche conservirte Flüssigkeiten in dem Moment sich zu zersetzen beginnen, wo man die in der Luft flottirenden Keime in sie einführt, sondern er machte auch die Gegenprobe und zeigte, daß das Einführen von Luft ohne Staub keinerlei verändernde Einwirkung auf die conservirten Stoffe habe. Dieser letzte Versuch ist sehr einfach zu machen. Man nimmt eine Retorte mit irgend einer leicht zersetzlichen Flüssigkeit gefüllt, und zieht auf dem Glasbläsertisch ihren Hals in eine längere, in der Curve abwärts gebogene Röhre aus; dann setzt man die Retorte über das Feuer und läßt sie einige Minuten tüchtig kochen, bis der Dampf alle Luft vertrieben und die Röhre vollständig durchwärmt hat, bringt sie dann vom Feuer und in die Oeffnung der abwärts gebogenen Röhre einen kleinen Baumwollenpfropfen. In dem Maß, als der Apparat sich abkühlt, streicht die unveränderte äußere Luft durch die Röhre hinein, wobei sie alle etwa in ihr suspendirten Keime in dem Baumwollenpfropf zurückläßt. Ist der Apparat vollkommen erkaltet, so kann man den Propf entfernen, so daß die Luft ungehinderten Zutritt hat. Eine so behandelte Flüssigkeit wird Monate lang ohne die geringste Gährungs-

erscheinung unverändert stehen bleiben, denn durch die abwärts gebogene Röhre können natürlich die Keime nicht eindringen.

Mit demselben Apparat ließ sich auch beweisen, daß das Eindringen staubhaltiger Luft sofort die Gährung ins Werk setzt. Zu diesem Zweck schmilzt man unmittelbar nach dem Kochen das Ende der Röhre zu, anstatt es mit Baumwolle zu verstopfen und bricht dann, wenn der Apparat gänzlich erkaltet ist, die zugeschmolzene Spitze wieder ab. In diesem Moment stürzt natürlich die umgebende Luft mit Allem, was sie enthält, in den in der Flasche entstandenen leeren Raum, und die Gährung wird beginnen, gerade so, als ob die Flüssigkeit gänzlich unbedeckt wäre.

Fast gleichzeitig hatte einer unserer berühmtesten deutschen Pilzforscher, Hofmann, nachgewiesen, daß auf der Oberfläche aller Früchte dieselben staubförmigen Keime zu finden seien, wie sie Pasteur aus der Luft abfiltrirt hat. Schabt man die Oberfläche von Stachelbeeren, Kirschen, Trauben 2c. und bringt das Schabsel unter das Mikroskop, so erkennt man sie sofort, und so ist jetzt ganz außer Zweifel gestellt, daß die Gährung organischer Stoffe auf folgende Weise vor sich geht. Wenn in sogenannte gährungsfähige Stoffe die staubförmigen Keime, die in der Luft fliegen, fallen, so beginnen sie in ihnen zu vegetiren und sich zu vermehren, indem sie die gährungsfähigen Bestandtheile dieser Flüssigkeiten als Nahrung in sich aufnehmen, in sich zersetzen und die Zersetzungsproducte wieder ausscheiden. Um es an einem Beispiel zu zeigen: In Wein, Most oder Bierwürze gefallen, verwenden diese Keime den Zucker als Nahrungsmittel und die Zersetzungsproducte, die sie ausscheiden, sind Alkohol und Kohlensäure. Als diese Ansicht zum ersten Mal ausgesprochen wurde, suchte sie ein Naturforscher, der sich von seinen alten Ansichten nicht trennen wollte, lächerlich zu machen, indem er versicherte, er habe gesehen, wie die Hefenzellen aus einer Urinblase den Alkohol pissen und durch eine andere Oeffnung das Kohlensäuregas entweichen lassen; aber es half nichts. Trotz des Witzes verhält sich die Sache nicht anders.

Ist es an und für sich interessant und wichtig genug, zu wissen, wie die Gährungserscheinungen, deren wir uns im täglichen Leben so oft bedienen, und die zu verhindern wir so oft Veranlassung haben, zu Stande kommen, so ist uns andrerseits durch diese Versuche eine weite Perspective eröffnet auf eines der dunkelsten Gebiete unseres Wissens, nämlich auf die epidemischen Krankheiten. Ich werde an anderem Orte ausführlicher darüber zu sprechen haben; ich will hier nur so viel erwähnen, daß eine Reihe von Krankheiten, die zu den größten Plagen des Menschengeschlechts gehören, Cholera, Typhus, die bösartigen Fieber, die Pest, Milzbrand, Rotzkrankheit, Veränderungen des Organismus zeigen, die wir nicht mit Unrecht unter die Kategorie von Gährungserscheinungen bringen können, und so sehen wir uns plötzlich in den Stand gesetzt, dem unbestimmten Ding, das wir seit Jahren Miasma, Contagium rc. nannten, auf den Leib zu rücken, es mit unsern fünf Sinnen wahrzunehmen, und vielleicht als ein ganz bestimmtes lebendiges organisches Gebilde zu erkennen, dessen Keime die Keime der Krankheit sind. Daß die Hoffnung, dahin zu gelangen, keine trügerische ist, dafür bürgt uns der Umstand, daß wir bei einer dieser Krankheiten, der Rotzkrankheit, den Missethäter bereits gefunden haben, in Gestalt eines Bacteriums, eines winzigen beweglichen Geschöpfes, das zu den Spaltpilzen gehört. Es ist freilich eine andere Frage, ob wir mit dem Habhaftwerden dieser bestimmten organischen Krankheitskeime auch sofort in den Stand gesetzt werden, die wirksamen Maßregeln gegen diese Feinde aus der unsichtbaren Welt zu treffen, aber so viel wird dem Leser ohne Weiteres klar sein, daß, ehe man sie kennt, Alles, was man gegen sie unternimmt, nichts anderes ist, als mit der Stange im Nebel fischen.

Natürlich kann mit dem Vorliegenden nicht gesagt sein, daß wir nach den Contagien unserer epidemischen Krankheiten blos im Staub der Luft werden zu suchen haben. Wie der folgende Abschnitt zeigen wird, ist die Luft weniger die eigentliche Heimath dieser Vegetationen, sondern nur die große Heerstraße, auf der sie von Ort zu

Ort wandern. Ihre eigentliche Brutstätte ist immer im Wasser, überhaupt in tropfbaren Flüssigkeiten, und vielleicht, daß manche von ihnen die Luft nicht durchschiffen, sondern während ihrer ganzen Entwicklungszeit an Flüssigkeiten gebunden ist. Wenigstens hat man für die Cholera nach den neusten Beobachtungen Anhaltspunkte zur Vermuthung, daß das Contagium sich in dem Grundwasser des Bodens entwickelt, sei es nun, daß es ein organisches Gebilde oder ein unorganischer Stoff ist. Möge in Bälde die Zeit kommen, wo es dem opfermuthigen Forschungstrieb — denn zu solchen Untersuchungen gehört Opfermuth — gelingt, unsere schlimmsten Feinde ihren Verstecken zu entreißen und sie auf ihren geheimen Pfaden zu verfolgen und zu zerstören.

XIII.
Der Schimmel.

Mit diesem Wort trete ich eigentlich aus den Gebieten der unsichtbaren Welt heraus in die der sichtbaren, denn wer von meinen Lesern hat den Schimmel nicht gesehen, der auf unsern Speisen wächst, der überall in der Natur sich zeigt, wo organische Stoffe im Zerfall begriffen sind, der eindringt in die dunkelsten Winkel, vor dem Nichts sicher ist, was nur halbwegs ihm zur Nahrung dienen kann? Mit welcher Harmlosigkeit betrachtet man, freilich der eingeweihte Naturforscher nicht mehr, noch immer dieses unscheinbare Pflänzchen, das in jeder Haushaltung, und sei sie die reinlichste und sorgfältigste, irgend wo ein geheimes trauliches Winkelchen findet, um ungestört ihr graugrünliches Sammetkissen, mit den feinen perlgleichen Sporen gestickt, zu spinnen, und doch, als welch tückischen Feind, freilich auch als welch nützlichen Helfer in unserer Wirthschaft entpuppte es sich all-

mählig unter der Alles durchdringenden Kraft des Mikroskops. Es ist vielleicht etwas vorzeitig, wenn ich das, was man bis jetzt über den Schimmel weiß, dem Leser dieser Blätter vorführe, denn keine ganz vollständige Geschichte ist es, die man von ihm entwickeln kann, es ist da und dort noch manches zu beobachten, ehe man mit Ruhe den Ausspruch thun kann, daß seine ganze Formenreihe in ihrem Zusammenhang erforscht sei, allein trotz dieser Unvollkommenheit weiß man doch bereits genug, um den Schimmel für eines der merkwürdigsten organischen Gebilde zu erklären und mit Sicherheit einen Theil seiner Erscheinungsform festzustellen.

Bevor ich an die Schilderung dieser Verhältnisse gehe, ist es vielleicht am zweckmäßigsten, dem Leser zu sagen, worin die Unvollkommenheit der bisherigen Beobachtungen über den Schimmel besteht, damit nicht das, was ich darüber sagte, Mißtrauen einflößt. Der bekannte Schimmel unserer Speisen ist nämlich nicht eine einzige Pflanzenart, sondern fast immer gemischt aus zwei Gattungen: Penicillium und Aspergillus, und von beiden Gattungen unterscheidet man mehrere Arten. Bei den Beobachtungen über die Entwicklungsgeschichte dieser Fadenpilze ist man nun bis jetzt nicht in allen Fällen im Stande gewesen, zu bestimmen, ob die betreffende Form, die man vor sich hatte, ein Abkömmling von Penicillium oder von Aspergillus sei, und von welcher Species dieser zwei Genera sie abstamme. Da es sicher ist, daß jedes dieser Genera und jede ihrer Arten dieselben Entwicklungsreihen durchläuft, wie alle andern, so sind die vorliegenden Beobachtungen hinreichend, eine Geschichte des Schimmels im Allgemeinen zu schreiben, nicht aber die Geschichte jeder einzelnen Art; darin besteht die Unvollkommenheit.

Wenn wir ein Schimmelpolster mit dem Mikroskop betrachten, so erkennen wir, daß es aus einem wagerechten Gewirre mannigfach verästelter Fäden besteht, deren Enden, meistens rankenförmig um einander geschlungen und gegenseitig sich stützend, senkrecht über die Oberfläche dieses Lagers sich erheben und an ihrer Spitze einen Pinsel tragen, dessen einzelne Fäden aus perlschnurförmig gereihten, kleinen, äußerst glän-

denden Körperchen bestehen, siehe Figur 110, A (Penicillium). Der Standort des Schimmels in dieser Form als Pinselschimmel ist immer auf mäßig feuchten, festen Substanzen, oder schwimmt das Polster auf der Oberfläche von Flüssigkeiten, welche stickstofflose Substanzen gelöst enthalten, deren wichtigsten eine der Zucker ist. Säet man die

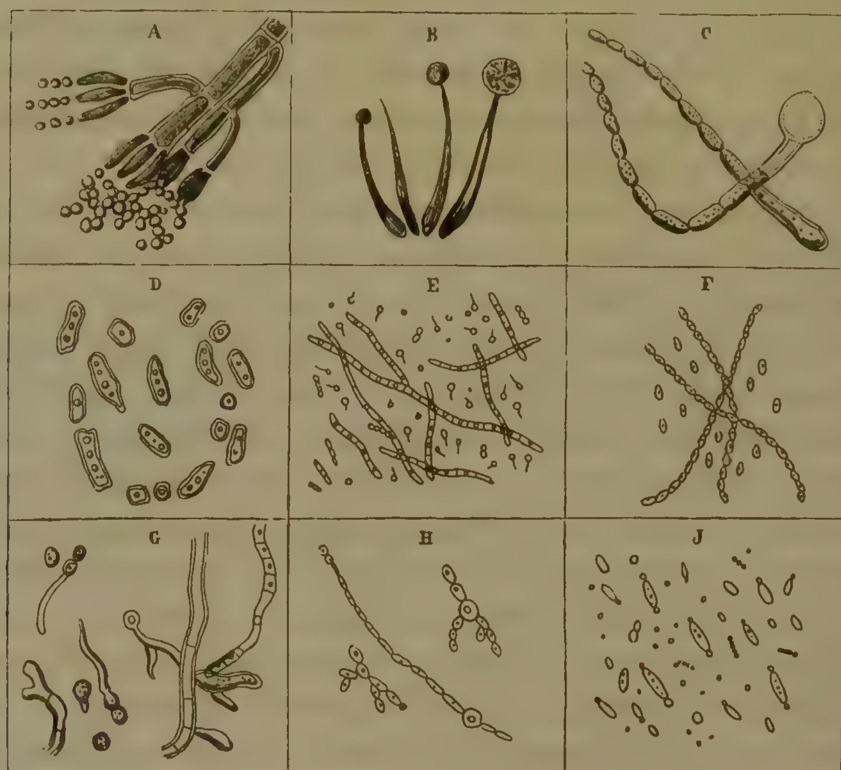


Fig. 110.

perlschnurförmig gereihten Kügelchen des Pinselschimmels, die nichts anderes sind als Sporen, auf weniger feuchte, stickstoffhaltige, zum Faulen geeignete Substanzen, wie es z. B. der Koth der Thiere ist, so entwickelt sich aus denselben nicht der Pinselschimmel, sondern der sogenannte Kopfschimmel (Mucor), Figur 110, B, der anstatt der pinselförmig gestellten Sporen runde Sporenkapsel trägt.

Aus diesen zwei mit einander alternirenden Formen geht nun eine reiche Mannigfaltigkeit von Gestalten hervor, je nach dem Aufenthaltsort, auf den ihre Sporen gebracht werden.. Zunächst nehmen

wir das Oidium (Fig. 110, C). Dieses entwickelt sich aus den Sporen sowohl des Kopf- als des Pinselschimmels, wenn man sie auf breiig flüssige, stark faulende Substanzen bringt. Dort tritt dann bald, wenn die Stoffe saurer und zugleich ammoniakalischer Gährung fähig sind, durch Abschnürung der einzelnen Glieder, die Gliederhefe (Fig. 110, D), auf, die wir namentlich auf der Milch finden, wenn es zur Käsebildung kommt. Alle 3 genannten Schimmel: Pinsel-, Kopfschimmel und Oidium, können jedoch einen andern merkwürdigen Entwicklungsgang einschlagen. Der Inhalt ihrer Sporen löst sich unter Aufquellen derselben in eine große Zahl äußerst feiner Körner, die unter Platzen der Sporenhülle, vielleicht auch durch Oeffnungen derselben ausschwärmen. Sie haben äußerst lebhafte Bewegungen, sind kugelförmig gestaltet mit einem kleinen starren Schwänzchen, so wie sie Figur 110 bei E zeigt. Binnen Kurzem wachsen diese Schwärmer zu langen, äußerst feinen Fäden aus, die bald eine Gliederung durch Querscheidewände an sich unterscheiden lassen. Es sind dies die unter dem Namen Leptothrix bekannten Bildungen, welche sich bei jedem Menschen in dem Belag der Zungen und der Zähne finden, ebenso in Masse auf sauer werdender Milch, überhaupt neben anderen zum Schimmel gehörigen Bildungen fast auf allen gährungsfähigen Substanzen. Wenn die Leptothrixfäden gegen das Ende ihrer Entwicklung kommen, so sieht man nicht nur, daß sie häufig sich zertheilen, sondern in jeder Abtheilung erkennt man ein kleines Kügelchen, das nach der Auflösung des Fadens sich als ein Schwärmer zu erkennen giebt, der wieder zu einem Faden auszuwachsen im Stande ist. Bei der geistigen Gährung bleiben die Fäden häufig mit einander verschmolzen und bilden einen durchwebten Filz. Bei ammoniakalischer Gährung dagegen, wie im Urin, kommt es alsbald zum Zerfall der Fäden, wobei neue Schwärmer austreten.

In dieser Vegetationsform als Leptothrix ist der Schimmel der massenhaftesten Vermehrung fähig, und alle gährenden Substanzen wimmeln von Legionen dieser bohrenden und taumelnden Schwärmer. Der Abschluß der Entwicklungsgeschichte dieser Schwärmer scheint durch

die Bildung der sogenannten Leptothrixhefe zu Stande zu kommen, siehe Figur 110, J. Es sind dies die Gebilde, die man als Hefenzellen, als einen der Hauptbestandtheile der Bierhefe nebst Leptothrixfäden und Schwärmern erkannte, und so lang ihre Abstammung im Dunkeln war, als Cryptococcus cerevisiae bezeichnete. Aus ihnen kann man nach Belieben Pinselschimmel oder Kopfschimmel erziehen oder Oidium.

Kehren wir nun wieder zurück zu Penicillium. Wenn man die Pinselsporen in zuckerhaltige Flüssigkeiten bringt, und sie zwingt, darin untergetaucht zu verharren, — es ist dies der Vorgang, wenn die Pinselsporen an der Schale von Früchten klebend in dem Fruchtsaft untergetaucht werden — dann kommt es zu einer mehrseitigen Knospung an diesen Sporen und es entstehen Gebilde, wie wir sie in Figur 110, H sehen. Es ist dies die sogenannte Torulahefe oder Weinhefe (Hormiscium vini). Säet man die Pinselsporen von Penicillium auf Oel, so vermehren sie sich kettenförmig und erzeugen die sogenannte Acrosporenhefe (Fig. 110, F,) indem sie das Oel, auf dem sie sich befinden, in Gährung versetzen. Diese Form des Schimmels ist für uns Menschen in so fern von Wichtigkeit, als sie eine sehr lästige Hautkrankheit, den sogenannten Herpes tonsurans erzeugt, dem so mancher seinen Kahlkopf zu verdanken hat. Auch der Pilz, den wir schon längst als die Ursache des ebenfalls zum Haarverlust führenden ekelhaften Kopfgrindes kennen (Fig. 110, G), und dem man den Namen Achorionpilz gab, ist nach den neuesten Beobachtungen ohne Zweifel nur eine weitere Entwicklungsform ausgesäeter Pinselsporen des gewöhnlichen Schimmels, denn man hat aus ihm Pinselschimmel gezogen.

Werfe der Leser einen Blick zurück! Nicht weniger als 9, oder wenn man die Schwärmer und den Leptothrixfilz als selbstständige Form rechnet, wozu man berechtigt ist, nahezu ein volles Dutzend Organisationsformen, aus einem einzigen Geschöpf heraus entwickelt, von denen fast jede entweder direct zur Ausgangsform zurückkehren oder in andere verwandte übergehen kann. Welches Labyrinth von

Polymorphismus und welche in's Unglaubliche gehende Vermehrungsfähigkeit, da auf jeder dieser Stufen das Wesen sich vermehrt! Und wo haben wir überall dieses Geschöpf gefunden? Man glaubte bisher, es sei das Aschenbrödel im Hause, nur in wenig Winkeln geduldet, nein allgegenwärtig ist's, es kocht unsern Weinmost zu Wein, es gährt unser Brod, es macht aus der Bierwürze Bier, es säuert unsere Milch und fabricirt Käse, es bringt unser Fleisch zum Faulen, es siedelt sich auf unserem Körper an, um dessen Oberfläche zu verwüsten; nicht genug! es dringt in unsern Mund ein, wir finden es durch den ganzen Darmcanal als Leptothrix, und vermittelt es vielleicht daselbst die Verdauung der Speisen und — jetzt wird der Leser den Zusammenhang dieses Abschnitts erkennen mit dem, was ich in dem Vorhergehenden sagte — der Schimmel und seine Sporen sind das, was als Keim in der Luft schwebt, und alle die merkwürdigen Zersetzungen hervorruft an allen Orten, wo ein zersetzungsfähiger organischer Körper vorhanden ist. Man vergleiche das, was Pasteur aus Staubkeimen der Luft in seinen Flüssigkeiten erzog und Vibrionen und Bacterien nannte, es ist in der Regel nichts anderes als Leptothrix, eine der Erscheinungsformen des Schimmels.

Die Leser werden mir jetzt Recht geben, wenn ich am Anfang dieser Auseinandersetzungen sagte, daß dies eines der merkwürdigsten Gebiete der unsichtbaren Welt ist, in die uns das Mikroskop eingeführt hat. Was sind die Irrfahrten des Odysseus gegen die Wanderungen der Schimmelsporen! Durch Himmel, Erde und Wasser wandern sie mit allen möglichen Mitteln, getragen von den Flügeln des Windes, von dem Rinnen der Gewässer. Sie heften sich an Alles, was da lebt und webt, lauernd auf den Moment, wo sie eindringen können und ihre Zerstörung beginnen. Dahin, wo kein anderes Geschöpf einzudringen wagen darf, dringt die Schimmelspore ein, da Nahrung und Gedeihen findend, wo nur der Tod zu herrschen scheint. Alle die Krankheiten, welche unsere Culturgewächse befallen haben, die Trauben-, Kartoffelkrankheiten, die ganze Länderstrecken dem Armuthum überantworteten, und die Krankheit der Seiden-

würmer werden durch Sporen veranlaßt, die gleichfalls in die Reihe der Schimmelpilze gehören, wenn auch nicht gerade zu den zwei erwähnten Geschlechtern. Es gab eine Zeit, wo man viel redete von dem sogenannten Ozon, es darstellte als eine besondere Disposition des Sauerstoffes der Luft, wenn man so will, einen rauflustigen Zustand dieses Elementes, und hat daraus eine Menge Erscheinungen zu erklären gesucht, welche jetzt auf viel reellere Weise sich erklären lassen durch das Vorhandensein der Schimmelsporen, und man kann sagen, daß das Ozon heute schon unter jene Kategorie von Worten gehört, mit denen man unbekannte Ursachen bekannter Erscheinungen zu benennen pflegt, und die man sofort in die Rumpelkammer wirft, wenn die Ursache erkannt ist. Es scheint, daß alle die Ursachen, für die man das Wort Ozon gebrauchte, nichts anderes sind und waren als Schimmelsporen. Ich habe schon im vorigen Abschnitt gesagt, daß man den Worten Contagium und Miasma jetzt ein ähnliches Schicksal prophezeihen darf, wie dem Wort Ozon, allmählig werden wir auch die Ursachen unserer epidemischen Krankheiten als bestimmte Stoffe und wahrscheinlich manche derselben als mikroskopische Organismen erkennen aus der Sippschaft der Fadenpilze.

XIV.

Die Urzeugung.

Man kann die Geschichte des Staubes in der Luft und des Schimmels nicht schreiben, ohne von einer wissenschaftlichen Streitfrage zu reden, die nun schon seit mehr als einem Jahrhundert die gelehrte Welt von Zeit zu Zeit in Bewegung gesetzt hat und wahrscheinlich dies noch öfter thun wird, trotzdem daß ein Theil der Naturforscher sich dem Glauben hingiebt, als sei sie jetzt ein für allemal von der Tagesordnung gestrichen.

Die Frage nach der Urzeugung ist nicht nur an und für sich interessant, nicht nur, weil die scharfsinnigsten Gelehrten aller civilisirten Völker an ihr ihren ganzen Witz versucht haben; sie ist es vielmehr gerade deshalb, weil sie die Veranlassung ist, daß wir die Geschichte des Staubes der Luft und des Schimmels auf dem Brode kennen, und wenn es manchmal Naturforscher giebt, welche die Erörterung von derlei Fragen für so überflüssig halten, wie manche von uns die Stechschnacken in der Natur, so kann man ihnen getrost die Geschichte vom Schimmel als Beispiel anführen, welche reiche Erfahrungen unser Wissen der Ventilation solcher allgemeiner Fragen verdankt. Alle die Entdeckungen, welche ich in den vorhergehenden Blättern kurz geschildert habe, sind gemacht worden, weil ein französischer Gelehrter Pouchet die schon im vorigen Jahrhundert zwischen Needham und Spallanzani erörterte und für abgethan erklärte Streitfrage wegen der Urzeugung auf's Neue hervorholte und vor das Forum der Pariser Akademie der Wissenschaften brachte, die dann die Widerlegung der Lehre von der Urzeugung durch genaue zweifellose Experimente zum Gegenstand einer Preisaufgabe machte. Dadurch wurden alle die Untersuchungen hervorgerufen, deren Resultat diese weitgreifenden Entdeckungen waren. Ich will es in Kurzem versuchen, dem Leser nicht nur den abgethanen Standpunkt dieser Sache kurz vorzuführen, sondern ihm auch zu zeigen, daß die Sache noch lange nicht abgethan ist und in einer andern Form über Kurz und Lang auf's Neue Zoologen, Botaniker, Chemiker und Physiologen in Athem versetzen wird.

Aufgeworfen wurde die Frage auf Grund einer Reihe von Erscheinungen, die alle darin bestehen, daß man überall da, wo organische Stoffe im Zerfall begriffen waren, bei Fäulniß, Verwesung, Gährung ꝛc., ja innerhalb noch lebender Körper selbstständige Organismen mit eigenem Leben begabt auftreten sah, ohne daß man ihr Erscheinen erklären konnte. Ehe man das Mikroskop kannte, waren es die Maden, die auf dem faulenden Fleisch erschienen, und die Eingeweidewürmer, deren Auftreten man sich so erklärte, daß sie aus

den in Auflösung begriffenen Molecülen anderer Wesen sich aufbauten. Man ließ die Maden aus den Stoffen des faulenden Fleisches, die Eingeweidewürmer aus den Stoffen des Wohnungsthiers entstehen, und nannte dieses Urzeugung.

Von hier wurde diese Lehre bald verdrängt. Man wies unwiderleglich nach, daß die Maden aus den Eiern entstehen, welche die Fleischfliege auf das faulende Fleisch legt, und die Eingeweidewürmer aus Eiern oder Larven, welche in das Wohnungsthier einwandern und dort sich entwickeln.

Die zweite Reihe der Erscheinungen, auf welche die Urzeugung sich berief, war das plötzliche und massenhafte Auftreten der Infusorien in den verschiedenartigsten Aufgüssen, d. h. Flüssigkeiten, in welchen faulende oder gährende organische Stoffe sich befinden. Man sagte: Wenn solche organische Stoffe in Molecüle zerfallen, so treten diese, nachdem sie eine Zeit lang ein selbstständiges Leben geführt haben, zusammen, und bilden den Körper eines Infusoriums. Am zähesten hielt sich die Lehre von dieser Urzeugung eben bei der Gährung, nachdem sie für die großen Infusorien durch die Erkenntniß der Entwickelungsgeschichte derselben bereits unwahrscheinlich gemacht worden war.

Durch die Beobachtungen, welche ich in den zwei vorhergehenden Abschnitten geschildert habe, ist die Urzeugung auch von diesem Terrain verdrängt, d. h. das Erscheinen belebter Organismen in gährungsfähigen Flüssigkeiten bedarf zu seiner Erklärung nicht mehr der Annahme der Urzeugung, es ist erklärt durch das Vorhandensein von Keimen in der Luft, die in solche Flüssigkeiten gebracht sich vermehren und alle die Erscheinungen hervorrufen, die wir als Gährung und Fäulniß chemisch längst erkannt haben.

So weit wäre die Lehre von der Urzeugung abgethan; in so weit ist sie unrichtig, als man sagt: aus den Molecülen zerfallender organischer Körper baut sich der Leib neuer organischer Wesen auf; aber auf einem andern Gebiete ist die Frage nach der Urzeugung nicht nur nicht abgethan, sie ist eigentlich noch nicht einmal auf die Tagesordnung gesetzt. Die Darwin'sche Theorie ist es, die sie wieder

zur Erörterung bringen muß, und zwar ganz einfach aus folgenden Gründen:

Erstens ist es ein Factum, daß alle organischen Körper aus Elementen zusammengesetzt sind, welche auch in der unorganischen Natur vorkommen, nämlich aus Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Eisen, Kalk, Kieselerde, Magnesia rc. Zweitens ist es ein Factum, daß wenn auch nicht alle Organismen alle diese Stoffe aus der unorganischen Natur beziehen — unsern Sauerstoff beziehen wir alle aus der unorganischen Natur, die Pflanze bezieht ihre Kohlensäure, ihr Wasser ebenfalls aus der unorganischen Natur; daß die Pflanzen ihren Stickstoff aus der unorganischen Natur beziehen, aus dem Ammoniak, ist ebenfalls erwiesen, daß die kalkschaligen und kieselschaligen Thiere ihren Kalk und Kieselerde aus der unorganischen Natur beziehen, ist ebenfalls richtig, und weiter richtig, daß nach dem Absterben der Organismen alle diese Elemente wieder in die unorganische Natur zurückkehren, als Wasser, als Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff rc. Drittens ist es klar, wenn wir die Verhältnisse, unter welchen heutzutage organisches Leben möglich ist, in's Auge fassen: wir müssen das organische Leben für jünger erklären, als die unorganische Natur, um dies deutlicher zu sagen: wir können, da es kein einziges organisches Wesen giebt, dessen Keim bei einer höheren Temperatur als 140° Celsius seine Lebensfähigkeit behält, nicht annehmen, daß zu einer Zeit, wo unser ganzer Erdkörper eine feuerflüssige Kugel bildete — die bis jetzt unbestrittene La Place'sche Theorie setzt diesen Zustand für unsern Erdkörper fest — organisches Leben auf unserer Erdoberfläche gewesen sei. Wir müssen es vielmehr für eine Erscheinung erklären, die erst auftrat, als unser Erdkörper einen gewissen Kühlungsgrad erreichte, der ungefähr der Temperatur der Siedhitze gleichkam. Ferner, da wir in den organischen Körpern kein einziges Element finden, welches nicht auch in den unorganischen vorkäme, ja, da wir sehen, daß die organischen Körper heute noch das Material zu ihrem Aufbau aus der unorganischen Natur beziehen, so haben wir nicht die geringste Veranlassung,

die ersten Keime organischen Lebens aus etwas anderem entstehen zu lassen, als aus den unorganischen Bestandtheilen unserer Erdoberfläche, und dieses war nichts anderes als eine Urzeugung. Daß es eine solche gegeben hat, ist eine Forderung des gesunden Menschenverstands, und in Harmonie mit all unserem Wissen von der chemischen Zusammensetzung der organischen und unorganischen Natur. Eine Urzeugung solcher Art muß es gegeben haben, diese unterscheidet sich aber von der Urzeugung, welche Needham, Pouchet und A. behaupteten, wesentlich dadurch, daß nicht aus im Zerfall begriffenen organischen Körpern sich neue Organismen entwickelten, sondern daß sich Organismen entwickelten aus unorganischen Stoffen.

Diese Urzeugung war noch nicht auf der Tagesordnung der Wissenschaft, aber sie wird darauf gesetzt werden und dem Einwurf, daß man Vorgängen, welche in unvordenkliche Zeiten zurückzuversetzen sind, heutzutage auf experimentellem Weg nicht mehr nahe kommen könne, und daß es deshalb müßig sei, darnach zu forschen, muß einfach entgegengehalten werden, daß die Fortschritte, welche die Naturwissenschaften in den letzten Jahrzehnten gemacht haben, immer unwiderleglicher darthun, daß die Gesetze, nach welchen die Stoffe in der Natur sich binden und lösen, unveränderlich sind, so gut als der Stoff selbst, daß jeder Vorgang, der einmal statt gehabt hat, wieder stattfinden muß, sobald man im Stande ist, die gleichen Bedingungen zu setzen. Es ist kein einziges Anzeichen dafür vorhanden, daß wir mit den heutigen Mitteln unserer Chemie nicht Bedingungen für die Stoffe unserer Erdkörper setzen könnten, die stattfanden, als die Oberfläche unserer Erde bis auf die Siedhitze abgekühlt war.

Freilich ist's eine andere Frage, ob heute noch in der freien Natur die Bedingungen für eine solche Urzeugung aus unorganischen Stoffen irgendwo vorkommen, und ich möchte im Gegensatz zu meiner Behauptung in einer früher von mir veröffentlichten Schrift*) glau-

*) Zoologische Briefe I. Braumüller. Wien.

ben, daß dieses nirgends mehr der Fall ist, aus dem einfachen Grund, weil bei der Allgegenwart schon organisirter entwicklungsfähiger Keime überall da, wo die Bedingungen zu einer Urzeugung aus unorganischen Stoffen vorhanden wären, organisirte Keime sich ansiedeln und durch Verzehren der betreffenden Stoffe die Bedingungen wieder zerstören. Da wir es aber in unserer Macht haben, diesen zerstörenden Einfluß organisirter Keime festzuhalten, so ist kein Grund einzusehen, warum wir nicht künstlich die Bedingungen dieser Urzeugung wieder herstellen und uns in den Stand setzen könnten, das Ziel aller Wissenschaften vom organischen Leben, die Erklärung seines Entstehens, zu erreichen.

Ich habe diese Auseinandersetzung vor den Kreis der Leser dieser Blätter gebracht, weil die Naturforschung, welche sich mit der exacten Beobachtung befaßt, häufig von Schulansichten befangen, der Inangriffnahme solcher dem unmittelbaren Beobachtungsmaterial fern liegender Fragen gern aus dem Wege geht, und da thut denn ein gewisser Druck der öffentlichen Meinung, eine Anregung von Seite derer, die blos Freunde der Naturforschung sind, oft das Seine, um die exacte Forschung auf Bahnen zu treiben, welche zur Lösung solcher Probleme eingeschlagen werden müssen. Es wäre eine würdige Aufgabe, nicht blos für Akademien, sondern für Alle, welche von dem Bewußtsein der hohen Bedeutung der Lehre vom Organischen für all unser Wissen durchdrungen sind, dahin zu wirken, nicht blos mit Worten, auch mit der That, daß die Lösung solcher Fragen auf dem Weg des Experiments angebahnt wird. Man hat Tausende von Thalern als Prämien ausgesetzt, um diese oder jene Pflanzenart zu cultiviren, man könnte wohl auch einmal einen Preis ausschreiben, der die Lösung der Frage nach der Entstehung alles organischen Lebens aus dem Unorganischen zum Gegenstand hätte. An Arbeitern würde es gewiß nicht fehlen.

Zweiter Theil.

Der Bau der Thiere und Pflanzen.

I.

Was ist organisirt?

Die Frage meine ich natürlich nur so: Was ist das Kennzeichen der organisirten Wesen, der Thiere und Pflanzen, durch das sie sich von den unorganischen Stoffen unseres Erdkörpers unterscheiden? und speciell: Was ist ihr Unterschied vom Krystall? denn Trümmergestein, Dammerde ꝛc. braucht uns hierbei nicht zu berühren, da es sich unter dem Mikroskop entweder in ein Conglomerat aus zertrümmerten und mehr oder weniger abgeschliffenen krystallirten Körpern, oder in gänzlich formlose Stoffe, oder endlich, wovon wir im ersten Theil wiederholt zu reden hatten, in die Reste früherer Organismen aus Thier- und Pflanzenreich auflöst.

Man hat oft die Zelle mit dem Krystall verglichen; man sagte: Wie der Krystall die Einheit ist in der unorganischen Natur, ist es die Zelle in der organischen, und in gewissem Sinn kann man sich diesen Vergleich gefallen lassen; aber wenn Jemand damit die Vorstellung verbinden wollte, daß die Zelle ebenso entsteht, wie der Krystall, so würde er gewaltig irren, denn in dieser Beziehung besteht ein großer Unterschied, doch davon nachher. Nehmen wir einen Krystall,

um ihn unter dem Mikroskop mit einer Pflanze oder einem Thier zu vergleichen, so kommen wir zu dem Resultat, daß im Krystall keinerlei Structur wahrzunehmen ist. Während jeder Thier- und Pflanzenkörper sich als ein concentrisch geschichteter Körper erweist — sei das nun als eine concentrisch geschichtete Zelle, oder bestehend aus einzelnen Schichten von Zellen —, ist am Krystall nichts der Art zu erkennen, höchstens daß solche, die den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft, dem Sauerstoff, der Kohlensäure, dem Wassergas ꝛc. nicht Widerstand leisten können, von einer concentrischen Schicht verwitterter Substanz umgeben sind. Zerkleinert man einen Krystall, so besteht jedes Partikelchen, möge es groß oder klein sein, nicht nur chemisch genau aus demselben Stoff, wie das andere, und wie das Ganze, sondern seine Form ist auch die gleiche, wie die des Ganzen. Kurz, bei der Erforschung der Krystalle, wenn wir die Fälle ausnehmen, wo der Krystall selbst so klein ist, daß er mit bloßem Auge nicht mehr erkannt, oder wenigstens seine Form nicht mehr bestimmt werden kann, zeigt uns das Mikroskop am Krystall nichts, er ist eine homogene Masse.

Anders ist es beim Thier- und Pflanzenkörper; der löst sich auf unter der durchdringenden Kraft des Mikroskops in ein Conglomerat von Einheiten, die man Zellen nennt, in ein Bauwerk aus einzelnen Bausteinen, die allerdings in manchen Fällen unter sich gleich sind, die aber sofort unter sich Verschiedenheiten zeigen, wenn ihre Ernährungsverhältnisse nicht überall die gleichen sind. Nehmen wir endlich die Zelle als Einheit und vergleichen sie mit dem Krystall. Welch große Unterschiede in Form, Zusammensetzung, Aggregatszustand und Entstehungsgeschichte?

Die Form könnte man vielleicht als weniger entscheidend anführen, da es namentlich unter den Zellen vielzelliger Geschöpfe genug giebt, die von ebenen Flächen begrenzt sind und Kanten und Winkel zeigen. Aber doch besteht ein wesentlicher Unterschied. Während der Krystall bei freier, nach keiner Richtung gehemmter Entwicklung immer von ebenen Flächen begrenzt ist, die in scharfen Kan-

ten und Winkeln sich schneiden — nur in manchen Fällen kommen leicht gebogene Krystallflächen vor —, hat die Zelle, sobald sie sich frei nach allen Seiten entwickeln kann, ausnahmslos gebogene Conturen ohne Kanten und Ecken. Ihre Grundgestalt ist die Kugel, und das, was sich aus der Kugel ableitet, die Eiform, und sobald an ihr gerade Flächen und Kanten auftreten, sind sie nur Folge einer gehemmten Entwicklung, eines Drucks, der ihre plastische Substanz zwingt, sich geradlinig zu begrenzen. Auch in ihrem Aggregatzustand scheint auf den ersten Blick kein durchgreifender Unterschied zu herrschen, da es thierische und pflanzliche Zellen giebt, welche ebenso entschieden fest und hart sind, wie ein Krystall, allein ein Blick auf die Entwicklung stellt auch hier den Unterschied fest: Der Krystall ist eine Substanz, die in festem Aggregatszustand sich befindet, die Zelle ist von Haus aus eine Flüssigkeit, und zwar eine tropfbare, wenn sie auch halbweich, breiig oder schleimig ist; ihr ganzer Bau und alle ihre Verrichtungen sind nur erklärlich, wenn man sie als im flüssigen Aggregatszustand befindlich annimmt. Man hat dazu das Recht, erstens, weil in der That mehr als $^3/_4$ der Zellensubstanz wirklich tropfbarflüssiges Wasser sind, und zweitens, weil ihre Grundform die Form des Tropfens, also die Form ist, welche eben den tropfbarflüssigen Aggregatszustand charakterisirt und endlich drittens, weil wir überall in der Natur sehen, daß die Zellen, sobald sie sich von diesem tropfbarflüssigen Zustand entfernt haben und fest und hart geworden sind, wie die Zellen des Holzes, die Zellen des Knochens, gewissermaßen als abgestorben, als todt betrachtet werden müssen. Jeder weiß, daß die Zellen des Holzes für das Leben eines Baumes keine andere Rolle spielen als die, ihn mechanisch zu tragen und zu stützen, sie können faulen, wie es beim Hohlwerden der Bäume vorkommt, ohne daß die Lebensthätigkeit des Ganzen darunter leidet. Auch unsere Knochenzellen sind nicht in dem Sinn lebendige Bestandtheile unseres Körpers, daß sie Kraft und Wärme produciren; sie sind nur mechanische Hülfsmittel, die dem Zellenstaat, aus dem wir gebildet sind, den Zusammenhalt ermöglichen. Wie unwesentlich derlei

fest und hart gewordene Zellen im Organismus sind, erhellt daraus, daß es zahllose Thiere und Pflanzen giebt, welche zeitlebens weder Holz- noch Knochenzellen in sich beherbergen.

Was den Unterschied im Bau des Krystalls und der Zelle betrifft, so habe ich ihn eigentlich schon oben ausgesprochen. Die Zelle ist ein concentrisch geschichteter Körper, der Krystall nicht; denn daß manche Krystalle in der Luft durch Verwitterung einen äußeren von der Centralsubstanz chemisch und gestaltlich sich unterscheidenden Ueberzug bekommen, ist eine Erscheinung, die für den Krystall nicht wesentlich ist. Nicht nur fehlt sie bei sehr vielen Krystallen, man kann sie eigentlich bei jedem Krystall verhindern, wenn man die Ursache des Auftretens beseitigt. Bei der Zelle aber ist die concentrische Schichtung ausnahmslose Regel und ein wesentlicher Charakter derselben.

Das, was ich über die Entstehungsgeschichte von Krystallen und Pflanzen zu sagen habe, erklärt eigentlich alle oben angeführten Unterschiede. Betrachten wir die Vorgänge bei der Bildung eines Krystalls:

In einer Flüssigkeit, welche den Stoff des Krystalls in Lösung enthält, müssen wir uns die einzelnen Bestandtheile als in größeren Distanzen von einander befindlich denken und annehmen, daß eine Kraft es ist, welche sie in dieser Entfernung von einander hält, welche sich der Anziehungskraft, die gleiche Stoffe auf einander ausüben, widersetzt. Wenn nun in einer solchen Flüssigkeit die Krystallbildung beginnen soll, so müssen die einzelnen Bestandtheile ihre räumlichen Entfernungen aufgeben, um sich an einander zu lagern zu dem, was wir den festen Aggregatszustand nennen. Die Kraft, welche sie aus einander hielt, hat nun natürlich ihre Rolle ausgespielt, der Mohr hat seine Schuldigkeit gethan, er kann gehen. Diese Kraft geht auch wirklich, und wir können mit unsern Instrumenten, ja oft genug ohne sie, dieses Weggehen der Kraft bemerken. Sobald die Krystallbildung beginnt, wird nämlich die Flüssigkeit warm (in manchen Fällen kommen auch Lichterscheinungen und elektrische Bewegungen zum Vorschein). Diese Wärme, die plötzlich erscheint, ist eben die Kraft, die die Atome aus einander gehalten hat, und die jetzt, weil sie überflüssig geworden ist, frei

wird. Bei der Bildung einer Zelle ist das nicht der Fall; bei ihr findet gerade das Umgekehrte statt. Sie producirt bei ihrer Bildung nicht nur keine Wärme, sondern sie verbraucht solche; statt daß sie gebundene Wärme frei macht, producirt sie Stoffe mit gebundener Wärme, bindet also Wärme. Dadurch wird die allbekannte Erscheinung erklärt, daß Thiere und Pflanzen zu ihrem Wachsthum einen gewissen Grad von Wärme brauchen, daß sie ohne dieselbe zu wachsen aufhören, während wir eine Menge Krystalle durch Wärme auflösen können. Darin liegt auch der beste Beweis für obige Behauptung, daß wir die Zelle als einen flüssigen Körper zu betrachten haben, während der Krystall ein Körper ist, der unter Abgabe seiner gebundenen Wärme in den festen Zustand übergegangen ist.

Auch diese Erkenntniß verdanken wir dem Mikroskop, denn nur dieses Instrument hat uns nicht nur die Zelle überhaupt, sondern auch die Zellen gezeigt, welche den Ausgangspunkt des Thier- und Pflanzenkörpers bilden und die alle die oben erwähnten Verhältnisse in ihrer ungestörten Reinheit zur Erscheinung bringen.

II.

Die Zelle.

Es ist ein merkwürdiges Ding um die Zelle, um sie dreht sich das ganze Verhältniß der organischen Welt, sie ist die Einheit, das Individuum, dessen Lebensgeschichte und Bau, dessen Verrichtungen und Thätigkeiten das ganze Geheimniß der Organismen ausmachen. Bald ist sie einzeln lebend als mikroskopisches Geschöpf im Wasser oder in der Luft, bald bildet sie Zellstaaten, die noch weit complicirtere Regierungsformen zeigen, als die Staaten, die die Menschen bilden: bald leben sie in freier republikanischer Verfassung, jede mit gleichen Rechten und Pflichten, in einem Gemeinwesen beisam-

men, ohne Haupt und Diener; bald treten sie zu den complicirtesten Organismen zusammen, die das Nervensystem regiert, die die Blutgefäße verproviantiren, die die Schleimhäute ernähren, und die Drüsen säubern, in denen die einen thätig auftreten, während die andern die Stelle geduldiger Träger abgeben müssen. Das Leben und Gedeihen der Thiere und Pflanzen ist nur die Folge der combinirten Arbeit der einzelnen Zellen. Sie sind die Wichtelmännchen, die das Mikroskop in allen Winkeln und Spalten der Erdrinde entdeckt hat, und die die Bausteine unseres eigenen Leibes sind.

Die frei lebenden Zellen haben wir im ersten Abschnitt geschildert, das Capitel über den Bau der Thiere und Pflanzen muß beginnen mit der Schilderung der Zelle, wie sie in mannigfaltigster Gestalt und Größe den Leib der höheren Wesen zusammensetzt, und wie sie es möglich macht, eben in solchen Gemeinwesen leben zu können.

Was ist die Zelle? Antwort: Ein concentrisch geschichteter Tropfen organischer Substanz, oder, um anzuknüpfen an das, was wir im ersten Theil besprochen haben, ein concentrisch geschichteter Tropfen von Sarkode, von jenem schleimig-flüssigen belebten Stoff, den wir als den Körper der Wurzelfüßer erkannt haben. Ich habe damals gesagt, daß die Sarkode den freiesten Zustand alles organisirten Seins darstellt, und je weiter wir in der mikroskopischen Erforschung der Zellen, die die Thier- und Pflanzenkörper zusammensetzen, vordringen, um so mehr zeigt sich, daß die Sarkode auch der wesentlichste Bestandtheil aller Zellen ist, und allen den mannigfaltigen Substanzen, welche uns der Leib der Zellen zeigt, in der Entwicklung vorausgeht.*) Der Leser wird sich erinnern, daß wir sie geschildert haben als eine glasig helle Flüssigkeit von der Consistenz des Eiweißes, in der feine Kügelchen vertheilt sind. Diese Beschreibung können wir freilich nicht auf alle Zellen in allen ihren Lebens-

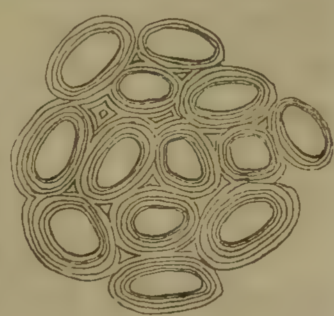
*) Die Mikroskopiker nennen die in eine Zellhaut eingeschlossene Sarkode Protoplasma. Ich vermeide absichtlich dies Wort, um die Leser nicht mit zu viel technischen Worten zu belästigen und weil das Protoplasma nur eine höhere Entwicklungsstufe der Sarkode ist.

stadien anwenden, aber von Haus aus gilt sie für alle, und wir kommen vielleicht zu der übersichtlichsten Darstellung der Formenmannigfaltigkeit der Zellen höherer Organismen, wenn wir von der Sarkode ausgehen, und sagen: daß eine Zelle zu Stande kommt, wenn ein Tröpfchen Sarkode sich concentrisch schichtet. Was versteht man unter dieser Schichtung? Der wichtigste Vorgang ist, daß im Innern eines solchen Sarkodetröpfchens ein Bläschen auftritt, welches für sich selbst wieder concentrisch geschichtet ist, indem es aus einer zarten Hülle, einem klaren, fast körperlosen Inhalt und einem im Centrum liegenden Kernkörperchen besteht; bei der Eizelle nennt man dieses Bläschen das Keimbläschen, bei den Zellen vielzelliger Geschöpfe den Zellenkern. Ich verweise den Leser in Bezug auf dieses Gebilde auf die Figuren 10, 11 und 13 Seite 16 der ersten Lieferung, wo in jeder Zelle dieses Gebilde mit allen seinen Theilen klar zu erkennen ist.

Der Rest der Sarkode nimmt nun entweder dadurch, daß er dickflüssiger wird, eine bestimmtere Form an oder er sondert an seiner Oberfläche ein feines Häutchen ab — ein neuer Act der concentrischen Schichtung —, das ihn einschließt, die sogenannte Zellhaut. Die Mikroskopiker streiten sich heute noch darüber, ob dieses Häutchen eine Absonderung der Sarkode ist, oder ob man es zu betrachten hat als die äußerste Schicht der Sarkode, die sich durch Erstarrung und chemische Veränderung von dem im Innern eingeschlossenen Theil losgelöst hat. Möge sich dieser Streit entscheiden, wie er wolle, für unsere Betrachtung von dem Bau der Thiere und Pflanzen genügt das Factum, daß bei den meisten Zellen eine solche Hülle vorhanden ist, die eine wichtige Rolle in den Lebensverrichtungen der Zelle zu spielen bestimmt ist, daß aber bei vielen Zellen, deren Zahl sich immer mehr häuft, ein solches Häutchen fehlt.

Damit sind wir aber noch nicht am Ende der concentrischen Schichtungsvorgänge, die uns die Zellen zeigen. Bei sehr vielen Zellen, namentlich häufig im Pflanzenreich, kommt es zur Bildung von neuen Umhüllungen, die man als Ausscheidungsproducte der Zelle

selbst allgemein anerkennt. Eine Zeit lang unterschied man zwischen Umhüllungsmembranen, die außen auf der ursprünglichen Zellhaut lagern, und innern Verdickungsschichten, nimmt aber jetzt einen solchen Unterschied nicht mehr an. Figur 111 zeigt diese secundären Umhüllungsmembranen an querdurchschnittenen Bastzellen.


Fig. 111.

Damit haben wir alle Bestandtheile, aus denen eine Zelle zusammengesetzt sein kann — nicht immer zusammengesetzt ist — namhaft gemacht.

III.

Schicksale des organischen Bausteins.

Wenden wir uns zur Betrachtung der Schicksale, die alle diese verschiedenen Bestandtheile der Zelle im Lauf ihres Lebens durchmachen können, um so einen Ueberblick zu gewinnen über die Mannigfaltigkeit, unter der uns die Zelle im Leib eines Organismus entgegentreten kann. Diese vorgängige Uebersicht erleichtert nicht nur das architektonische Verständniß, sondern giebt uns die richtige Vorstellung von dem, was eine Zelle ist: ein bis zu einem gewissen Grade selbstständiges Geschöpf, das sein eigenes Leben, seine eigene Geschichte hat.

Der Zellenkern, der eine so wichtige Rolle spielt bei allen jungen Zellen in den ersten Stadien ihrer Entwicklung und bei der Vermehrung der Zellen, kann im Lauf der Entwicklung zur Seite gedrängt werden, sich an die Zellenmembran anlegen und dort bis beinahe zur Unkenntlichkeit verkümmern. Ja, wenn die Zelle ihres selbstständigen Lebens beraubt wird, entweder dadurch, daß ihr Inhalt ab-

stirbt, wie in den lufthaltigen Zellen des Markes, oder in solchen Zellen, welche, mit andern zu Röhrennetzen oder Schläuchen verbunden, die passiven Vermittler der Circulation der Ernährungsflüssigkeit werden, kann der Kern ganz verschwinden; es kann aber auch das Gegentheil stattfinden: er kann durch Theilung sich vermehren, und in solchen Zellen, die dann immer zu langen Fäden ausgezogen sind, findet man dann eine große Anzahl von Kernen; so ist es der Fall bei den Muskelfäden.

Die mannigfaltigsten Veränderungen erfährt die Sarkode, der eigentliche lebende Bestandtheil der Zelle. Da dies mit den Lebensverrichtungen innig zusammenhängt, so müssen wir darüber genauer reden. Wie schon bemerkt, besteht die Sarkode aus einer zähflüssigen Grundsubstanz, von der etwa drei Viertheile Wasser sind und eingestreuten Körnern, also aus einem formlosen und einem geformten Theil. So lange die Zelle innerhalb der Grenzen dessen, was wir Leben im eigentlichen Sinn nennen, bleibt, muß diese Zusammensetzung im Wesentlichen aufrecht erhalten bleiben, z. B. die graue Gehirnsubstanz, dann die absondernden und aufsaugenden Drüsen bestehen aus Zellen, deren Sarkode so beschaffen ist, und auch im Pflanzenreich haben die Zellen überall da, wo sie Träger des Wachsthumsprocesses sind, einen Inhalt, auf den die Definition der Sarkode paßt. Im Thierreich kommt aber in so fern eine weitere Entwicklung zum Vorschein, als die geformten Elemente, die bei den vorerwähnten Zellen nur kleine, glänzende Kügelchen sind, zu bestimmten umfänglicheren Körpern zusammentreten. Dieser Vorgang ist beschränkt auf die Muskelzellen und Nervenröhren der höheren Thiere. Bei den ersteren (siehe Fig. 22 Seite 21 dieses Buches, die ein Stück eines solchen Muskelfadens darstellt) sehen wir die geformten Bestandtheile der Sarkode als stäbchenförmige nach ganz bestimmten Regeln gelagerte Körperchen, die sogenannten Dysdiaclasten, und in den zu Nervenröhren ausgewachsenen Zellen erkennen wir eine Scheidung der Sarkode in einen im Centrum der Röhre verlaufenden festeren Faden, den sogenannten Axencylinder, und das ihn umgebende Nervenmark.

Eine weitere Veränderung, die sich auch noch mit dem Leben verträgt, ist die, daß die geformten Elemente, anstatt glänzende, äußerst feine Kügelchen zu sein, meist unter Zunahme ihrer Größe die Träger von Farbstoffen werden, also z. B. bei den Pflanzen des Pflanzengrüns, des sogenannten Chlorophylls, und auch im Thierreich giebt es eine Reihe activer Zellen, deren Sarkode Farbstoffkügelchen trägt, ohne dadurch in ihren Bewegungen beeinträchtigt zu sein. Hierher gehören unter anderen die verästelten Zellen (Chromatophoren), welche beispielsweise in der Haut des Chamäleons liegen (siehe Fig. 112)



Fig. 112.

und deren Contractionen, je nachdem sie die Farbstoffkügelchen in die Tiefe oder an die Oberfläche treiben, den bekannten Farbenwechsel dieses Thieres erzeugen.

Sobald es aber zu einer durchgreifenden Aenderung der Sarkode kommt, so leidet die Lebensenergie der Zellen und wir können die dahingehörigen Erscheinungen wohl als Leichenphänomene bezeichnen, trotzdem daß diese Zellen deshalb noch immer eine Rolle im Organismus spielen können, diese ist aber immer eine mehr passive. Die Reihe dieser Vorgänge ist unendlich nüancenreich, wir wollen hier nur die Hauptfälle namhaft machen. Einmal kann die Sarkode umgewandelt werden in Fett, das nun entweder als flüssiges Oel die ganze Zelle füllt, oder als Krystall in ihm feste Formen annimmt. Solche Zellen finden sich in unserem Fettpolster. Dahin gehören

ferner die Zellen, welche die Träger der riechenden Oele sind bei Citronen, Orangen ꝛc. und dann finden sie sich häufig in absondernden Organen, z. B. der Leber, auch können beispielsweise die Muskelzellen eine fettige Entartung erfahren und dadurch functionsunfähig werden. Ferner kann die Zelle absterben, wenn sie unter Verschwinden der flüssigen Grundsubstanz nur noch mit Farbstoffkügelchen gefüllt ist, oder wenn sie, wie an den Zellen unserer äußeren Haut, eintrocknet — wie man sich ausdrückt: „verhornt" — und endlich, wenn die Sarkode gänzlich verschwindet und durch Luft ersetzt wird, wie bei den Markzellen der weißgewordenen Haare und den Markzellen der Pflanzen. Dahin gehört auch die Abscheidung nadelförmiger Krystalle, sogenannter Raphiden, aus Kalk gebunden an Phosphorsäure, Weinsteinsäure ꝛc., sowie die Bildung der Stärkemehlkörner, von denen wir später reden.

Wie gesagt, diese Veränderungen setzen die Zelle außer Thätigkeit, sie ist nichts mehr als eine einbalsamirte Leiche, entweder zu wirklichem Untergang bestimmt, wenn die benachbarten noch in Thätigkeit befindlichen im Stande sind, sie sammt ihrer Hülle aufzulösen, wie dies bei den mit Fett gefüllten Zellen der Fall ist, — unter denen die in neuester Zeit aufgekommene Bantingcur so große Verheerungen anrichtet, — oder sie bleiben als Auswattirung des Organismus zurück, um ihm noch rein mechanische Dienste zu leisten, oder sie sind passives Nahrungsdepot.

Die Zellenmembran ist unter allen Bestandtheilen der Zelle der dauerhafteste; sie behauptet zuletzt noch das Schlachtfeld. Ihre Veränderungen sind entweder passive Formwechsel in Folge äußeren Druckes durch die benachbarten Zellen, oder herbeigeführt durch die Bewegungen der in ihr befindlichen lebendigen Sarkode. Da auf diesen die Bildung der Gewebe beruht, so werden wir sie später ausführlich erörtern. Hier wollen wir nur noch von den Verdickungsschichten reden und den Poren. Die erstern sind entweder ganz gleichmäßig dicke Schichten rings um die ganze Zelle, wie wir dies in Figur 111 gesehen haben und deren Entstehungsgeschichte so aufzu-

fassen ist, daß die äußerste die älteste, die innerste die jüngste ist, oder es kommt — und dies trifft dann vorzugsweise die jüngsten — zu partiellen Auflagerungen und da entstehen dann die zierlichsten Gebilde, mit denen uns das mikroskopische Sehen unterhalten kann, z. B. die Spiralfaserzellen der Pflanzen. Diese Auflagerungen haben nämlich häufig die Form von Fasern, die im Innern der langgestreckten Zellen aufgerollt sind und sich leicht ablösen (siehe Fig. 113 A); in andern Fällen sind es ring-

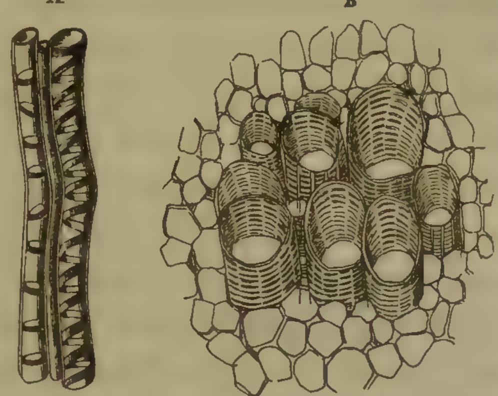


Fig. 113.

förmige Wülste oder unregelmäßige Netze; in Figur 113 B sieht man die erstere Form, die sogenannten Treppengefäße, an dem schiefen Querschnitt eines Farrenkrautstengels.

Mit diesen Auflagerungen hat man längere Zeit auch die sogenannte Tüpfelbildung in Zusammenhang gebracht, die ein so charakteristisches Zeichen vieler Holzzellen z. B. der des Nadelholzes (siehe Fig. 4 Seite 15 der ersten Lieferung) sind. Doch hat man jetzt (siehe Fig. 114) an genauen Querschnitten dieser Tüpfel in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen erkannt, daß sie durch ringförmig sich erhebende Faltungen der innersten Zellhaut zu Stande gebracht werden.

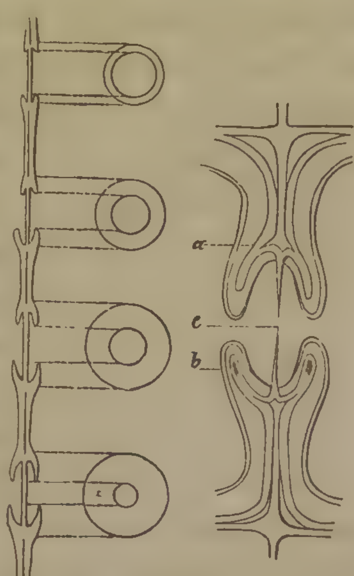


Fig. 114.

Bei der Unentschiedenheit, was wir als eigentliche ursprüngliche Zellenmembran, was als Umhüllungsschichten zu betrachten haben, namentlich ob wir die Umhüllungsschichten zum Zellkitt — wovon weiter unten — rechnen müssen, läßt sich die Geschichte der Zellenmembran, die in den

wissenschaftlichen Zeitschriften einen so großen Raum einnimmt, noch nicht vollständig schreiben, und wir wollen deshalb nur noch eines bei Gelegenheit der Zellenmembran erwähnen, daß wir bei ihr noch eine wichtige Entdeckung zu machen haben. Aus dem, was ich später im dritten Theil über die Lebensverrichtungen der Zelle zu sagen habe, läßt sich mit Bestimmtheit behaupten, daß alle Zellenmembranen lebendiger Zellen Poren haben müssen, durch welche die Communication der Zelle mit der Außenwelt erfolgt. Man hat auch bei einer Reihe von Zellen deutlich solche Poren erkannt, namentlich bei den Eizellen, wo sie sich als radiale Streifen der dicken Zellenmembran erkennen lassen (siehe Fig. 27 und 29 auf Seite 30 und 31 der ersten Lieferung); aber doch bleibt noch eine Menge von Zellen übrig, bei denen unsere heutigen Mikroskope diese Poren noch nicht nachgewiesen haben, trotzdem daß sie vorhanden sein müssen.

Ich führe dieses absichtlich an, weil das vollkommene Wissen nur darin besteht, daß wir auch genau über das orientirt sind, was wir noch nicht wissen. Darin allein besteht die vollendete Weisheit, und das Forschen ist nur für den mit Erfolg möglich, der weiß, was man noch nicht weiß.

IV.

Zellkitt.

Der alte Streit, ob's einen Zellkitt giebt oder nicht, der jetzt noch manchmal da und dort aufglimmt, der aber in der Hauptsache doch zu Gunsten des Zellkitts entschieden ist, hat auf mich immer einen sonderbaren Eindruck gemacht. Die Leute, die behaupteten, es gebe keinen Zellkitt, kamen mir gerade so vor, als wollte Jemand behaupten, nur platonische Liebe und ideale Freundschaft sei es, was das Zusammenleben der Menschen oder anderer geselliger Thiere

bedinge. So wenig das der Fall ist, so reell die Bande sind des geselligen Lebens hoch organisirter Individuen, ebenso reell und greifbar sind die Bande, welche die Zellen zwingen, zusammenzutreten zur Bildung von Zellstaaten. Man kann im gegebenen Fall sich darüber streiten, was man zur Zelle selbst rechnen soll, und was zum Zellkitt, aber so viel ist gewiß, daß es einen Stoff giebt, der die Zellen verbindet und sie zu geselligem Leben zwingt, einen Stoff, ausgeschieden von der Zelle selbst.

Der Zellkitt (Intercellularsubstanz, auch Extracellularsubstanz, Zwischenzellstoff rc. genannt) tritt in den verschiedensten Mengenverhältnissen, in den verschiedensten Festigkeitszuständen und als Träger verschiedener chemischer Stoffe auf, ist bald formlos, bald enthält er bestimmt geformte Elemente.

Eine vollkommene Flüssigkeit ist der Zellkitt beispielsweise beim Blut, das bekanntlich aus Zellen besteht, die in einer eiweißhaltigen Flüssigkeit schwimmen. Diese Blutflüssigkeit ist nichts anderes als Zellkitt, ein Absonderungsproduct der Zellen. Krümlich geronnen finden wir ihn in dem sogenannten gallertartigen Bindegewebe (siehe Fig. 15), faserig zerfallen im Zellgewebe der höheren Thiere und der Sehnensubstanz. Einen noch höheren Festigkeitsgrad zeigt der Zellkitt der Knorpel, wie er die Enden unserer Knochen überzieht (siehe Fig. 14 Seite 17 der ersten Lieferung), und wenn er sich endlich mit unorganischen Stoffen sättigt (in unseren Knochen mit phosphorsaurem Kalk, in der Haut der Stachelhäuter mit kohlensaurem Kalk), so erreicht er Härtegrade, die uns an die unorganische Welt erinnern. Auch im Pflanzenreich kommt eine solche Verhärtung des Zellkitts vor durch Ablagerung von kieselsauren und kohlensauren Salzen. Den höchsten Härtegrad erreicht er wohl im Schmelz der Zähne — doch muß ich hier bemerken, daß man diesen besser zu den Cuticularbildungen rechnet (von denen ich nachher sprechen will) — und zwar dadurch, daß neben dem phosphorsauren Kalk noch eine kleine Quantität Flußspath in seine Zusammensetzung eingeht. In dieser Form giebt er am Stahle Funken.

Mannigfach ist seine Erscheinung unter dem Mikroskop. Im Pflanzenreich, das sich im Allgemeinen durch seine Armuth an Zellkitt auszeichnet, — wenn wir die niedersten Pflanzen ausnehmen, wo er oft massenhaft vorkommt — ist er meist nur eine dünne Schicht, die aber deutlich einen optischen Ausdruck giebt, in andern Fällen aber ist er in genügender Menge vorhanden, um den Zellen zu gestatten, mehr oder weniger ihre kreisrunde Form beizubehalten, und dann füllt er die Zwischenräume aus, welche sie zwischen sich lassen.

Wo er massenhafter auftritt, da erscheint er häufig als eine Reihe concentrischer Lagen um die einzelnen Zellen herum und hat zu Streit darüber Veranlassung gegeben, ob man diese concentrischen Schichten von Zellkitt als Bestandtheile der Zelle selbst, als Zellenmembran zu betrachten habe oder nicht. Wenn er faserig zerfallen ist, so zeigt er eine feine wellige Streifung, und das wichtigste Formelement, das in ihm auftritt, das aber in seiner Entstehungsgeschichte noch nicht vollkommen aufgeklärt ist, sind die sogenannten elastischen Fasern. Manche Mikroskopiker wollen sie nicht aus Zellkitt, sondern aus Zellen herleiten, während andere sie aus dem Zellkitt ebenso entstehen lassen, wie die Fibrinfasern beim Gerinnen des Bluts aus unserer Blutflüssigkeit sich ausscheiden.

V.

Der Verputz des Zellmauerwerks.

Schon in der Einleitung habe ich den Körper der höheren Thiere und Pflanzen mit einem Mauerwerk verglichen, aufgeführt aus einzelnen Steinen, den Zellen, verkittet durch den Mörtel, den diese Bausteine selbst sich fabriciren. Man kann diesen architektonischen Vergleich noch weiter führen; wie der Baumeister häufig sein Mauer-

werk außen mit einem Anwurf von Mörtel überzieht, um die einzelnen Steine dem Auge oder den Einflüssen der Witterung zu entziehen, so finden wir auch in sehr vielen Fällen über die freie Fläche der Zellen hinweg eine Begrenzungsschicht, einen Anwurf gezogen, der gerade so zum Zellkitt gehört, wie der Verputz eines Mauerwerks nur modificirter Mörtel ist. Entweder zieht er in einer continuirlichen Schicht über die ganze Lage von Zellen hinweg, ohne Anzeichen einer den darunter liegenden Zellen entsprechenden Theilung, oder er ist aus eben so vielen Blättchen mosaikartig zusammengefügt als unter ihm Zellen liegen. Nach dem Vorgang der Thieranatomen nenne ich diese Häutchen Cuticula, womit ich wohl einigermaßen mit den Botanikern in Conflict komme, die unter Cuticula die äußerste Lage von Zellen verstehen. Ich bitte also den Leser, das freundlichst im Auge behalten zu wollen, daß er mich in der Folge nicht mißversteht.

Eine außerordentlich wichtige Rolle spielen die Cuticularbildungen bei allen Gliederthieren, bei Würmern, Insecten und Krebsen, indem sie bei ihnen die sogenannten Hautskelette bilden und nicht nur an der Oberfläche des Thiers, sondern auch tief in seinem Innern die ausgedehntesten Festgebilde erzeugen.

Der Zellkitt, aus dem die Cuticula besteht, hat eine eigenthümliche chemische Zusammensetzung; er ist von horniger Beschaffenheit und besitzt eine große Widerstandskraft gegen alle zersetzenden Stoffe, z. B. gegen Säuren und Alkalien; zudem ist er in allen unsern bekannten Lösungsmitteln, Wasser, Alkohol und Aether, unlöslich. Weiter ist er fähig, große Mengen von unorganischen Salzen in sich aufzunehmen und so harte Schalen um das Thier zu bilden, auf dessen Körper er sich findet. Ich habe schon erwähnt, daß der Schmelz der Zähne zu den Cuticularbildungen gehört, und ein Gleiches gilt von der harten Schale der Krebse und der Insecten. Auch die Schalen der Schnecken und Muscheln sind Cuticularbildungen, welche durch große Quantitäten von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia ihren Härtegrad bekommen haben. Unter dem Mikroskop

zeigen diese Häute oft die allerzierlichsten Verhältnisse. Alle die prachtvollen Präparate von Insecten, die man in Handlungen mikroskopischer Präparate zu kaufen bekommt, sind nichts anderes als die Cuticularbildungen dieser Thiere, die die feinsten Sculpturen aufzuweisen haben, siehe z. B. Figur 115, die die Cuticula einer Raupe bei 320facher Vergrößerung darstellt.

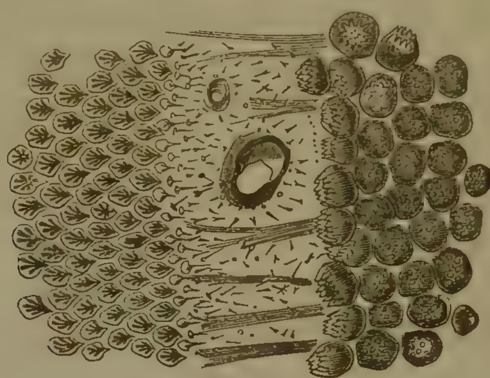


Fig. 115.

Auf dem Querschnitt erkennt man bei diesen Häuten ebenfalls eine sehr mannigfaltige Gliederung. Das Häufigste, was man erblickt, ist eine Streifung, der bei der Flächenansicht eine Punktirung entspricht, und die davon herkommt, daß die Cuticula von feinen, senkrechten oder leicht geschwungenen Röhrchen durchbohrt ist, die den darunterliegenden lebenden Zellen die Möglichkeit verschaffen, mit der äußeren Luft in Verkehr zu bleiben und die deshalb eine wichtige Rolle im Leben dieser Thiere zu spielen bestimmt sind. Am größten sind diese Poren bei den Schalen jener merkwürdigen Muschelfamilie, die man Armfüßer (Brachiopoden) nennt, dort sind sie schon mit der Lupe sichtbar, siehe Figur 116, die die Flächenansicht (aber angeschliffen) darstellt, die feinen Zeichnungen zwischen den Löchern sind die Durchschnittslinien der in der zierlichsten Weise geschwungenen einzelnen Schichten.

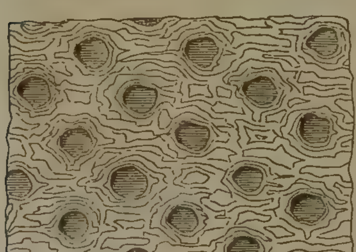


Fig. 116.

Diese Schichtung ist eine sehr häufige Erscheinung überall da, wo die Cuticula eine größere Mächtigkeit erlangt, und erscheint auf dem Querschnitt als eine die vorerwähnten Röhrchen senkrecht durchschneidende, der Oberfläche parallel gehende Streifung. Die Schichtung ist entweder eine ganz gleichmäßige, oder es lassen sich mehrere Schichten von verschiedenem Aussehen unterscheiden. So gewährt z. B. die Cuticula des Spulwurms auf dem Querschnitt (siehe Fig. 117) ein sehr zierliches

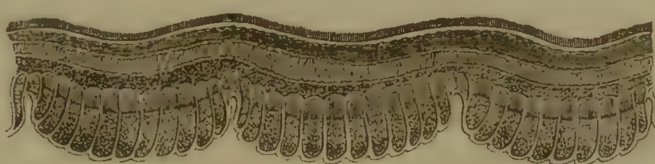


Fig. 117.

Ansehen und bei den Schalen der Schnecken und Muscheln (siehe Fig. 118) kann man 3 ganz bestimmte Lagen der Cuticula unterscheiden. Zu äußerst bei a eine ziemlich homogene Lage, darunter folgt die sogenannte Säulenschicht b, in der die Cuticula prismatische senkrecht gestellte Körper zu bilden scheint, und darunter ist bei c eine dritte aus leicht wellig gebogenen Lagen bestehende Schicht, die sogenannte Blätterschicht. Alle diese 3 Gebilde sind die Absonderungen der Zellenlage d, d. h. der äußersten Zellenschicht des Thierkörpers.

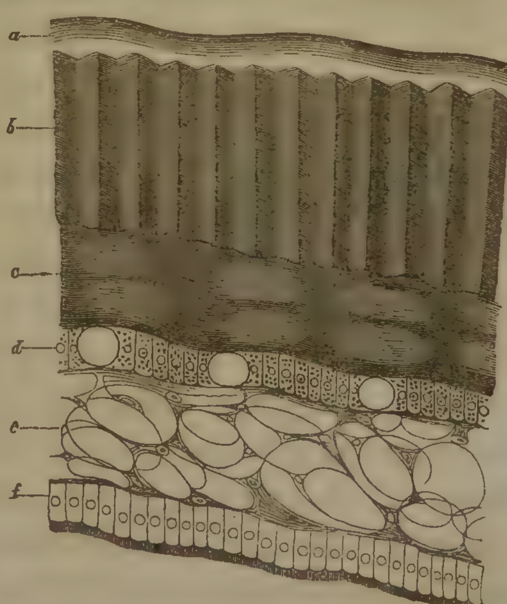


Fig. 118.

Die bisher geschilderten Cuticularbildungen überziehen als gleichmäßige Schicht den Thierkörper, in andern Fällen aber unterscheidet man an derselben ebensoviele Abschnitte, als die darunter liegende Zellschicht Zellen enthält. Solche Cuticulae erscheinen unter dem Mikroskop mosaikartig, aus polygonalen Stückchen zusammengesetzt,

wofür eines der schönsten Beispiele die Cuticula der Krebs- und Insectenaugen ist mit ihren zahllosen vier- oder sechskantigen Feldchen. Wenn aber die Sonderung weiter geht, wenn diese einzelnen Stückchen der Cuticula nicht mehr unter einander fest verkittet sind, sondern in Verbindung mit der sie producirenden Zelle selbst bleiben, so erscheinen sie von der Seite gesehen als einseitige Verdickungen der Zellhülle. Solche Bilder geben die Zellen, welche beispielsweise die innere Röhre unseres Darmcanals auskleiden (siehe Fig. 119). Auch in diesem Fall erkennt man deutlich die radiale Streifung, hervorgebracht durch die Porencanäle, die die Schicht durchsetzen.


Fig. 119.

Denkt man sich ein so beschaffenes, der Zelle einseitig aufsitzendes Blättchen Cuticula dadurch, daß die senkrechten Röhrchen, welche es durchsetzen, seitlich mit einander durch Spalten communiciren, zerfallen, so bekommen wir eine Auflösung desselben in eine Anzahl feiner Stäbchen oder Härchen, welche dem freien Ende der Zelle aufsitzen. Wir kennen eine Reihe solcher Zellen mit derlei Härchen besetzt. Bei in der Luft lebenden Thieren finden sie sich nur als Auskleidung innerer Hohlräume, z. B. auf der Oberfläche unserer Lungencanäle, der Nasenschleimhaut, der Eileiter. Bei vielen im Wasser lebenden Thieren finden sie sich auch auf der Oberfläche des Körpers. Diese feinen Fäden haben eine merkwürdige, in ihren Ursachen noch nicht recht aufgeklärte schlagende Bewegung und werden von den Anatomen Wimpern oder Cilien genannt. Wir haben sie bereits bei den Infusorien als eine äußerst häufige Erscheinung kennen gelernt und eine nicht minder wichtige Rolle spielen sie in dem Haushalt der höheren vielzelligen Geschöpfe, wo sie mit der Fortbewegung von Flüssigkeiten betraut sind.

Will man an eine Erklärung dieser merkwürdigen Bewegungserscheinung gehen, so kann man vorläufig nichts anderes annehmen, als daß das Schwingen der Wimpern eine Folge des Stoffwechsels ist, den die wimpertragenden Zellen mit der umgebenden Flüssigkeit

unterhalten. Ob nun dies aber eine rein mechanische Wirkung ist, bedingt durch Flüssigkeitsströmungen, ob sie eine Folge des Freiwerdens gebundener Wärme, oder einer Bewegung ist, die mit unserer Nervenbewegung Aehnlichkeit hat, darüber giebt es noch keine Gewißheit, es spricht aber vieles für das letztere.

VI.

Zusammenleben der Zellen.

Also nur zwei Elemente sind's, welche wir überall im organischen Leben finden, die mit Individualität begabten Zellen und der von ihnen ausgeschiedene Zellkitt, der für die Zellen die Rolle eines Mediums spielt, in dem sie ihren Lebenslauf abwickeln, der sie verkittet, sie entweder im Einzelnen umhüllt und schützt gegen die Nachbarn, oder der in gleichmäßiger Lage den ganzen Organismus oder die einzelnen Organe einhüllt, kurz der für sie entweder ein actives Lebenselement ist, wie die Blutflüssigkeit für die darin schwebenden Zellen, oder dessen sie sich nur bedienen, um sich zu stützen und zu halten in dem Verband, in den sie getreten sind. Damit ist der wesentliche und entscheidende Fortschritt gekennzeichnet, den das Mikroskop für das Verständniß von dem Bau des Thier- und Pflanzenreichs hervorgebracht hat, und den man im Wesentlichen so ausdrücken kann: Thiere und Pflanzen sind nach bestimmten Gesetzen gruppirte Individuencolonien, verbunden durch einen von den Individuen gelieferten Kitt.

Diese Zusammensetzung erklärt uns die Mannigfaltigkeit des organischen Lebens gegenüber der unorganischen Natur. Sie besteht nicht wie der Krystall aus gleichartigen Molecülen, nein, aus Individuen, die eine gewisse Selbstständigkeit, d. h. die Fähigkeit besitzen

differenter Entwicklung und Ausbildung. Ihre Selbstständigkeit geht nur in wenigen Fällen so weit, daß sie aus ihrem Verband heraustreten und für sich selbst leben können; sie geht nur so weit, daß innerhalb dieses Verbandes jedem Individuum ein gewisser Spielraum selbstständigen Lebens gegönnt ist, das, was man im socialen Leben unter individueller Freiheit versteht.

Freilich, Grenzen sind dieser Entwicklung gesteckt; aber eben nur in so weit, als es die jeweiligen Existenzverhältnisse, unter denen das Individuum sich befindet, und die Folgen des Kampfes um's Dasein zwischen Bewohnern desselben Territoriums bedingen. Der Kampf um's Dasein herrscht zwischen den einzelnen Zellen eines Organismus gerade so, wie er im Großen herrscht unter den freilebenden Bewohnern unserer Erdrinde; nur natürlich sind im ersten Fall, wo die einzelnen Individuen Mann an Mann dicht geschlossen stehen, keine solche Schwankungen dieses Kampfes möglich, wie unter freilebenden Individuen, die durch größere Fernen von Raum und Zeit geschieden sind. Es besteht da gerade derselbe Unterschied, wie zwischen den Individuen zerstreut wohnender Jägervölker, deren Thun und Lassen blos vom eigenen Willen regiert wird und den dicht gedrängten Bewohnern einer großen Stadt, die das innige Zusammenleben zwingt, ihrem ganzen Thun und Lassen Facetten anzuschleifen, die der Mensch von Haus aus nicht besitzt, gerade so wie die ursprünglich kugelige Zelle im geselligen Leben mit andern in facettirte Form gedrückt wird.

Es ist nicht leeres Phantasiespiel und Sucht nach geistreicher Vergleichung, wenn man den Körper höherer Thiere und Pflanzen mit den Verhältnissen des staatlichen Lebens vergleicht. — Der Leser nehme es in vollem Ernste, wenn ich ihm sage: Thier und Pflanze in ihrem Bau und ihrer Verrichtung sind nicht zu verstehen, wenn man außer Acht läßt, daß auch hier alle Verhältnisse bedingt und geschaffen werden durch das Wechselspiel gesellig lebender Individuen, deren Jedes das Bestreben nach möglichster Ausdehnung besitzt und darin beschränkt wird durch das gleiche Bestreben seiner Nachbarn.

VII.

Zellrepubliken.

Der Leser denke dabei nicht an die Schweiz und die vereinigten Staaten von Nordamerika. In dem Sinn wäre der Ausdruck Zellrepublik für die Organismen, welche ich im Auge habe, schlecht gewählt. Sie gleichen nicht einmal den Utopien, welche so manche unserer Social-Demokraten ausgeheckt haben, denn die denken doch immer mehr oder weniger sich selbst als Mittelpunkt, um den alles Andere sich gruppirt, wie die Planeten um ihre Sonne. Bei den Zellrepubliken giebt es nur Gleiche unter Gleichen, und das einzige, was sie zusammenhält, ist der Kitt, den sie selbst producirt haben. Es ist ein patriarchalisches Zusammensein, in welchem nicht einmal ein Familienhaupt die Zügel der Regierung führt. Allerdings sind die Individuen, die da zusammenleben, die Nachkommen eines einzigen Stammvaters, aber bei der eigenen Art der Fortpflanzung giebt's hier nicht Mutter und Tochter, nicht Vater und Sohn. Aus der ersten Zelle werden durch Theilung zwei, aus diesen vier u. s. f., so daß alle, die später beisammen leben, gleichaltrige Geschwister sind. Freilich selten genug kommt eine solche absolute Gleichheit zu Stande. Ja es ist eine Frage, ob sie überhaupt so rein existirt. In der Regel sind, wenn einmal ein gewisses Quantum von Individuen vorhanden ist, einzelne in eine Lage gerathen, wo ihrer weitern Theilung und Vermehrung Hindernisse im Wege stehen, während andere in dieser Beziehung freien Spielraum haben und vorzugsweise für die Production der Nachkommenschaft, für die Vergrößerung der Colonie Sorge tragen. Das Vorkommen der Zellrepubliken ist deshalb sehr beschränkt. Wir finden sie nur unter den niedersten Pflanzen, den Algen, ferner bei den Pilzen, die, wie schon früher bemerkt, einen ganz separaten und merkwürdigen Bau besitzen.

Es würde zu viel Raum erfordern, wenn ich dem Leser alle die Möglichkeiten, unter denen die Zellrepubliken vorkommen können, auseinander setzen würde. Ich beschränke mich darauf, in Figur 120 zwei dieser Formen abzubilden. a ist ein junges Exemplar des Meersalates, eine der häufigsten Algen der Strandzone, in der die Zellen durch eine ziemliche Menge Zellkitt verbunden in einer Fläche ausgebreitet neben einander liegen, und b zeigt einen Converfenfaden (das sogenannte Wassermoos unserer stehenden und fließenden Gewässer), wo die Zellen linienförmig an einander gereiht sind. Es giebt ferner noch Fälle, wo die Zellen ganz regellos in größere Massen Zellkitt eingebettet neben einander liegen, wie bei den Palmelleen, wo sie einschichtige Kugeln und Röhren bilden.



Fig. 120.

Alle diese Wesen gehören in die niederste Stufe des Pflanzenreichs und wenn auch ihr Vorkommen ein sehr verbreitetes ist, so ist doch eine große Einförmigkeit in ihrem Bau der Grund, warum ich nicht weiter auf ihre Beschreibung eingehe; denn wo würde ich den Raum finden, um die verwickelten Verhältnisse dem Leser noch vorzuführen, die uns die höher organisirten Thiere und Pflanzen bieten. Nur noch eine Abtheilung von Wesen will ich hier erwähnen, bei der die Zellen in einer äußerst einfachen Weise zusammenleben. Es sind dies die Pilze, und um nicht später noch einmal darauf zurückkommen zu müssen, so will ich hier kurz das Wesentliche ihres Baues angeben.

Die Pilzzelle ist in so fern ganz eigenthümlich beschaffen, als

sie fadenförmig ist und zwar entweder einfach oder wie in Figur 121 baumförmig verästelt. (Diese Figur stellt die verästelten Capillitiumzellen eines Kugelpilzes vor, zwischen denen die geschwänzten



Fig. 121.

winzigen Sporen, das sogenannte Hexenmehl, liegen.) Sie lebt entweder selbstständig, oder sie tritt colonienweise auf, Netze bildend, die entweder unter der Oberfläche des Bodens oder innerhalb des Leibes höherer Thiere und Pflanzen sich ausbreiten und periodisch vereinigt sich eine größere oder geringere Anzahl dieser Zellfäden, um mit einander verbunden und durchschlungen Ausläufer über die Oberfläche ihres Wohnsitzes emporzusenden, dort umfangreiche Gebilde producirend. Das, was wir Laien unter dem Namen Pilz kennen, ist der Masse nach allerdings der bedeutendste Theil des Pilzes; aber im Leben des Ganzen ist es eine außerordentlich vorübergehende Erscheinung. Das Wesentliche ist ein Gewebe feiner seidenglänzender Fäden, das wir immer da, wo Pilze emporwachsen, unter der Oberfläche in größerer oder geringerer Ausdehnung finden, — die Botaniker nennen es Mycelium — und das, was über dem Erdboden erscheint als Hutpilz oder Kugelpilz &c., ist nur eine Art von Frucht, ein periodischer Auswuchs des Myceliums, bestehend aus durchschlungenen fadenförmigen gegliederten Pilzzellen, die sofort zu Grunde gehen, nachdem die Pilz-

fäden, die das Ganze zusammensetzen, an ihren Enden die Sporen abgeschnürt haben, die die Grundlagen neuer Generationen abgeben, und die auf Figur 121 als kleine geschwänzte kernhaltige Körperchen abgebildet sind.

Das ist eben die Eigenthümlichkeit an dem Bau der Pilze, daß der Proceß der Zelltheilung, der bei den eigentlichen Pflanzen und bei den Thieren eine so große Rolle spielt, und diese letztern befähigt, so complicirte Zellstaaten zu bilden, beim Pilz nur periodisch auftritt, und in der Zwischenzeit ersetzt wird durch fadenförmiges Auswachsen der Zelle. Es ist klar, daß eine solche langgestreckte Fadenzelle dadurch, daß sie mit ihrem einen Ende unter neue anderartige Verhältnisse sich begiebt, nicht gezwungen wird, eine andere Beschaffenheit und Lebensweise anzunehmen; steht sie ja doch in ihrer ganzen Ausdehnung in ungestörtem Zusammenhang, so daß die Veränderungen der Ernährungsverhältnisse an dem einen Ende sich fortwährend ausgleichen können durch die Ernährungsbedingungen des andern. Dadurch werden die Pilze in den Stand gesetzt, die umfänglichsten Körper zu bilden, ohne daß an ihren Zellen größere Unterschiede, je nach der Lage an der Oberfläche oder in der Tiefe sich entwickeln, wie wir bei den Pflanzen und Thieren in so ausgesprochenem Maße finden. Wir können also sagen: Der morphologische Charakter der Pilze besteht darin, daß sie durch das fadenförmige Auswachsen ihrer Zellen vorzugsweise geeignet sind, auch da noch Zellrepubliken zu bilden, wo es die Thiere und Pflanzen nicht mehr können. Sie sind die größten Republikaner unter allen organischen Wesen.

VIII.

Ein orientirender Ausblick.

Wenn Jemand in einer großen Stadt, die er zum ersten Mal betritt, sich orientiren will, weil er nicht lange Zeit hat, sich in ihr im Detail umzusehen, so besteigt er die Spitze eines Thurms, der inmitten der Stadt liegt, und theilt sich nach großen Gesichtspunkten in weitgreifenden Linien das Häusergewirre zu seinen Füßen. Hat er sich so ein großes weitmaschiges Orientirungsnetz über das Ganze geworfen, so sind das die Linien, von denen aus er im Detail vordringt, wenn es ihm darauf ankommt, sich um dasselbe zu bekümmern. Jedenfalls bekommt der, der's so macht, einen besseren und harmonischeren Eindruck des Ganzen, als wenn er sich am Arm eines Lohnbedienten von Sehenswürdigkeit zu Sehenswürdigkeit schleppen läßt, so daß ihm binnen kurzem die Sinne vergehen, weil eben nicht blos der menschliche Magen eine gegebene Portion und nicht weiter zu verdauen vermag, sondern weil's unserem Kopfe gerade so geht. Und so denke ich, werden auch wir uns leichter in das Verständniß des Thierkörpers finden, einen wohlthuenderen Ueberblick gewinnen, wenn wir uns die Grundsätze, nach denen die complicirteren Zellstaaten gebaut sind, vorher in großen Linien verzeichnen, an die sich dann das Detail von selbst anschließt.

Eine solche Orientirungslinie ist der Satz: sobald in einem mehrzelligen Geschöpf ein Theil der Zellen so zu liegen kommt, daß er im directen Verkehr mit der ernährenden Außenwelt steht, und ein anderer Theil die Rolle der Hintermänner spielt, diese also nur durch Vermittelung der ersteren ihre Nahrung erhalten können, so erzeugt dies eine Aenderung in Form, Beschaffenheit und Größe zwischen diesen zwei Gruppen von Zellen als unmittelbare Folge ihrer verän-

derten Ernährungsverhältnisse. Da wir es hier vorzugsweise mit den Unterschieden zu thun haben, die Form und Größe betreffen, weil mein Bestreben ist, dem Leser über die Aufschlüsse zu berichten, die uns das Mikroskop verschafft hat, so lassen wir die Erörterung der Unterschiede der Zusammensetzung und halten uns nur an die Unterschiede der Form und Größe, und beginnen mit letzteren.

Will man sich über solche allgemeine Verhältnisse orientiren, so ist es gewöhnlich ein resultatloses Bemühen, wenn man sich an die höchst organisirten Geschöpfe wendet, und sie etwa aus dem mikroskopischen Bau eines Menschen herausfinden will. Darüber belehren nur die niedern Geschöpfe, wo noch nicht durch Complication Störungen hervorgerufen sind, und wo dann das allgemeine Gesetz, wenn auch für den Eingeweihten noch erkennbar, doch leicht als minder wichtig übersehen wird.

Betrachte der Leser die nachstehende Figur 122, die den Durchschnitt eines Tanges (Alsidium corallinum) darstellt. Auf den ersten Blick wird ihm die Regelmäßigkeit der Größenverhältnisse auffallen. Zu äußerst an der Oberfläche liegen kleine Zellen; ihnen folgen weiter nach innen immer größere und größere, bis zuletzt die größten im Centrum sich finden. Und wie regelmäßig die Größe gegen die Tiefe zunimmt, erkennt man am leichtesten, wenn man vom

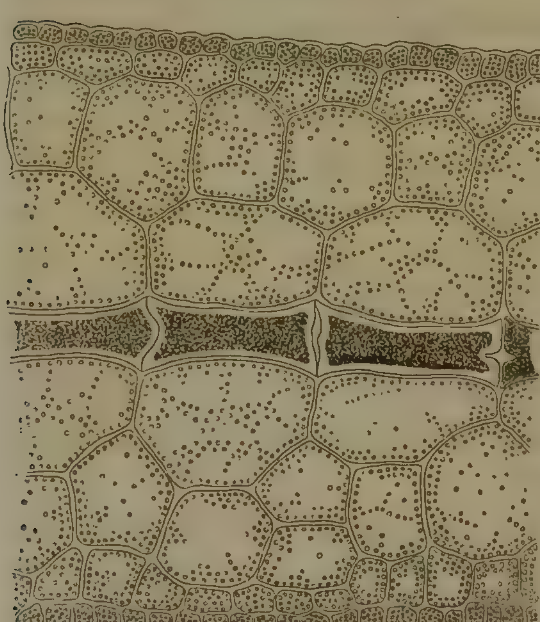


Fig. 122.

Mittelpunkt nach außen geht, und da sieht, wie auf eine Zelle der innersten Lage zwei der nächstfolgenden, vier der dritten und endlich acht der vierten oder äußersten kommen. Dieses Größenverhältniß findet man

in ziemlich ungestörter Reinheit überall bei den sogenannten Lagerpflanzen, welche noch nicht durch Saftgefäße, also durch Hinzutreten einer innern ernährenden Oberfläche zu ihrer äußern, eine weitere Gliederung ihres Zellstaates erfahren haben, und in gleichem Maße erkennt man auch bei den niederen Thieren diesen Größenunterschied zwischen den Zellen der äußeren Oberfläche und den von ihr entfernten. Natürlich, wo eine Leibeshöhle vorhanden ist, dazu bestimmt, Nahrung aufzunehmen, da gilt auch die Lage von Zellen, welche diese Leibeshöhle begrenzt, als Rindenschicht, und wir werden nicht nur außen, sondern auch innen eine Lage kleiner Zellen haben, die zwischen sich eine Lage größerer einschließt. Denken wir uns, daß statt dieses einen innern Hohlraums — der als Nahrungsreservoir eine eben so wichtige Rolle für den Unterhalt des Zellstaates spielt, wie die äußere Oberfläche — eine Reihe von Saftröhren das Ganze durchzieht, wie es z. B. in dem Stamme der sogenannten monokotylen Bäume, der Farrenkräuter, Palmen, Schachtelhalme 2c. ist (siehe Fig. 123). Da sieht ein Querschnitt ganz anders aus. Die großen Oeffnungen sind die Durchschnitte dieser Saftröhren. Sie sind gleichmäßig über die ganze Fläche zerstreut, und die ganze Masse der übrigen Zellen zeigt nun beinahe ebenso schön und deutlich wie der Querschnitt einer Alge den Größenunterschied, der besteht zwischen den Zellen, die eine ernährende Oberfläche, — und eine solche ist ja die eines Saftgefäßes, — berühren, und denen, die davon entfernt sind. Und wenn auch nicht genau dieselben Zahlenverhältnisse zu erkennen sind, so ist doch unverkennbar deutlich das obige Gesetz und die stetige Zunahme der Größe, je weiter die Zelle von der ernährenden Oberfläche entfernt ist.



Fig. 123.

Wer mit dem Mikroskop in der Hand von Pflanze zu Pflanze, von Thier zu Thier geht, von Organ zu Organ, der findet dieses Größenverhältniß immer, wenn nicht ganz bestimmte Ernährungsver-

hältnisse die Zellen von dem Zwang dieses Gesetzes befreien, und das ist der Fall in den meisten Gebilden, die den Körper der blutgefäßführenden Thiere zusammensetzen. Dort haben wir es nämlich nicht mehr mit Gefäßröhren zu thun, die blos in einer Richtung verlaufen und von einer großen Anzahl von Zellen umgeben sind, für deren Ernährung sie zu sorgen haben, sondern da kommt es zur Bildung jener äußerst feinen Gefäßröhren, von denen wir weiter unten sprechen werden, die sich z. B. in der Muskelsubstanz fast um jede Zelle herumziehen, oder wenigstens durch ihre Communication mit dem Röhrennetz der Bindegewebskörperchen, von denen ich ebenfalls weiter unten sprechen werde, eine allseitige directe Ernährung jeder einzelnen Zelle anbahnen. Natürlich, sobald das eingetreten, sind die Zellen von dem Bann, der ihr Größenwachsthum beherrscht, befreit. Sie können sich ebenmäßig entwickeln und sind diesen Schwankungen nicht mehr ausgesetzt und der, der bei solchen Geschöpfen nach derartigen Gesetzen sucht, wird sie natürlich nicht finden. Da treten sie nur noch in solchen Organen in ihrer Reinheit auf, wo für die Zellen ähnliche Ernährungsverhältnisse bestehen, wie für die Zellen niederer Pflanzen und Thiere, d. h. wo solche Ernährungsgefäßnetze fehlen, also beispielsweise der Größenunterschied zwischen Markzellen und Rindenzellen der Haare bei den Säugethieren, dann der Unterschied in der Größe der Knorpelzellen von der Oberfläche angefangen gegen die Tiefe.

Gestatte mir der Leser noch einmal zu dem Bilde zurückzukehren, mit dem ich diesen Abschnitt begonnen habe. Wir stehen auf der Spitze eines Thurms und überblicken eine große Stadt; wir verfolgen eine lange Orientirungslinie, streifen an manchen Einzelheiten, die längs derselben liegen, vorbei, und endlich trifft das Auge in der Ferne einen bestimmten Punkt, auf den die Richtungslinie hinweist, einen Ruhepunkt für's Auge, einen Gegenstand besonderer Betrachtung, denn einiges Detail will man nebstbei immer wieder, weil nur in der Abwechslung die Befriedigung liegt. Ein solches Object ist die große Klasse der wasserbewohnenden Algen und Schwämme, die

ersteren dem Pflanzen-, die letzteren dem Thierreich angehörig. Bei ihnen ist das Gesetz, von dem wir oben gesprochen haben, so rein und unverfälscht zum Ausdruck gebracht, daß es, wenn wir ein solches Wesen unter das Mikroskop nehmen, so zu sagen das ganze Sehfeld beherrscht. Doch widmen wir ihnen ein eigenes Capitel.

IX.

Algen und Schwämme.

Nehmen wir Alge um Alge, und prüfen sie im Quer- und Längenschnitt; wir sehen sie aus nichts anderem zusammengesetzt als aus Zellen, bald kuglig, bald polygonal, bald sternförmig, bald dicht gedrängt, bald durch größere Lücken von einander geschieden, immer aber so geordnet, daß die kleinsten Zellen an der Oberfläche, die größten in der Tiefe liegen. Selbst da, wo, wie in Fig. 124 bei

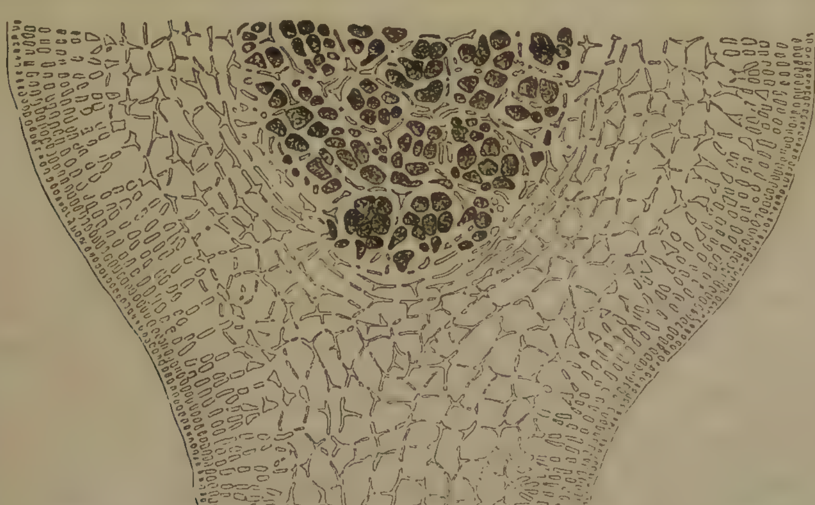


Fig. 124.

der Alge Iridaea cordata (Querschnitt derselben) eine sehr große Menge von Zellen zusammentritt, beherrscht das erwähnte Gesetz von

den Größenverhältnissen der Zellen den ganzen mikroskopischen Bau, namentlich schön, sobald man von der Oberfläche gegen die Tiefe vordringt.

Die Schwämme müssen wir uns freilich etwas näher besehen, schon deshalb, weil sie uns etwas unmittelbarer am Herzen liegen, denn es sind Dinge, mit denen wir Tag für Tag umgehen, auch haben sie eine Rolle in der Geschichte unserer Erdrinde gespielt: sie gehören zu den Organismen, die feste unorganische Stoffe in sich aufnehmen und zu soliden Gebilden gestalten, denen wir auch, wenn ihre Erzeuger längst dahingegangen, mit dem Mikroskop über die Erde wandernd, da und dort wieder begegnen.

Lange hat es gebraucht, bis man die wahre Natur dieser Organismen entzifferte, und noch vor kurzem wurden sie von einem Theil der Naturforscher zu den Pflanzen gerechnet, während die andern, wie es sich jetzt zeigt, mit besserem Grund sie den Thieren beigesellten. Ueber den groben Bau eines Schwammes belehrt uns schon die Art, die wir als Badeschwamm im täglichen Gebrauch handhaben. Ein Blick auf sie läßt uns an ihrer Oberfläche zwei Gruppen von Oeffnungen wahrnehmen: Große mit mehr oder weniger deutlich röhrenförmig ausgezogenem Rande, und feine Poren, zwischen ihnen vertheilt. Diese Oeffnungen sind die Mündungen eines die ganze Schwammsubstanz durchlaufenden Canalnetzes von äußerst unregelmäßigem Bau, an dem wir aber doch schmälere Canäle von kugelförmigen Hohlräumen unterscheiden können.

Das Gewebe selbst besteht bei dem Badeschwamm und einigen Verwandten aus einem Flechtwerk zarter horniger Fasern, welche die lebenden Zellen des Schwammes als eine Art Zellkitt ausgeschieden haben, und dessen Maschenräume sie selbst bewohnen. Der Fall, wo das Gerüst aus Hornfasern besteht, ist jedoch der seltnere und eben deshalb sind nur wenig Schwämme zum Gebrauch für den Menschen geeignet. Weitaus die größte Mehrzahl derselben besitzt ein Gerüst, das aus glasharten Kieselnadeln zierlichster Form zusammengesetzt ist (siehe Fig. 125), wo die langen Nadeln am

Ende einen Dreizack tragen. In andern Fällen sind die Nadeln dreiarmige Sterne oder einfach gestreckt, oder wie bei dem Süßwasser-

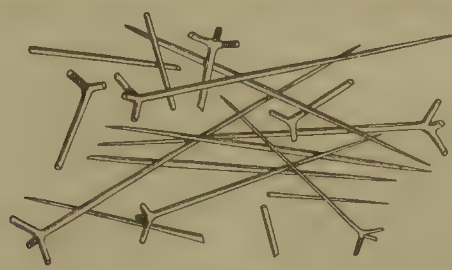


Fig. 125.

schwamm (siehe Fig. 126) spindelförmig, und liegen dann meist bündelweise beisammen.

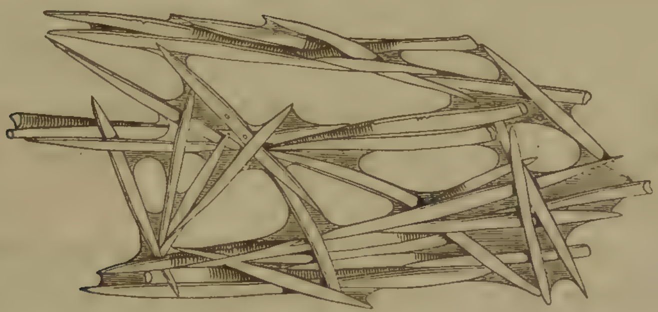


Fig. 126.

Betrachtet man einen größeren Seeschwamm auf dem Durchschnitt, so sieht man, daß er aus zwei verschiedenen Lagen besteht, aus einer Rindenschicht und einem Markkörper, die sich beide wesentlich durch das unterscheiden, was ich oben als allgemeines Gesetz angeführt habe, nämlich durch den Größenunterschied ihrer Gebilde. Zellen sowohl als Kieselnadeln sind in der Rindenschicht kleiner als in der Markschicht.

In dem eben gekennzeichneten Gerüst von Hornfasern oder Kieselnadeln (oder aus beiden zugleich gebildet) sitzen nun die eigentlich lebenden Bestandtheile des Schwammes: Zarte, äußerst bewegliche Zellen, von fast flüssiger Sarkodesubstanz, die so wenig in Zusammenhang mit dem von ihnen gebauten Gerüste stehen, daß sie beim Herausnehmen des Schwammes aus dem Seewasser, einem

flüssigen Eiweiß vergleichbar, aus den Oeffnungen herausrinnen. Die Zellen sind von zweierlei Natur: Die, welche die inneren Canäle und Hohlräume auskleiden, sind, wie es Figur 127 bei b zeigt,



a Fig. 127. b

mit langen schwingenden Wimperhaaren besetzt, und liegen meist gruppenweise beisammen, während die von ihnen bedeckten ohne solche Flimmerhaare sind.

Es ist ein sehr hübsches Schauspiel, das uns die Wirkung dieser Flimmerhaare bei einem lebenden Schwamm bereitet. Legt man ihn, so lang er noch in voller Lebensthätigkeit ist, so in Seewasser, daß der Wasserspiegel ihn nur wenige Linien hoch bedeckt, und mischt dem Wasser feine unlösliche Farbstoffpartikelchen z. B. Indigo bei, die noch groß genug sind, um mit bloßem Auge gut wahrgenommen zu werden, so sieht man einen Wasserstrom, der durch die feinen Poren der Oberfläche in das Innere des Schwammkörpers eindringt und durch die großen Oeffnungen wieder austritt. Das letztere geschieht mit einer solchen Vehemenz, daß man über jeder Oeffnung ein Aufwallen des Wasserspiegels und ein unablässiges Werfen von Farbstoffkörnchen sieht, gleich dem Fliegen vulcanischer Bomben aus der Oeffnung eines thätigen Kraters. Die beigegebene Figur 128 versinnlicht auf einem schematischen Querschnitt der Oberfläche am besten die angedeutete Bewegung des Wassers durch den Körper des Schwammes, in dem die Richtung derselben durch die Pfeile angedeutet ist.

Bei c sieht man die große trichterförmige Oeffnung, durch die der Wasserstrom austritt, und rechts und links in der durch a angedeuteten Schicht die feinen Oeffnungen, durch die er eintritt; bei c sitzen



Fig. 128.

die Gruppen der Zellen, die durch das Schwingen ihrer Wimperhaare das ganze Schauspiel veranlassen.

Ich habe oben gesagt, daß der Zusammenhang der Schwammzellen mit dem Gerüste von Fasern und Nadeln ein sehr lockerer ist. Dies giebt sich noch durch eine sehr merkwürdige Erscheinung zu erkennen, von der wir in der Folge in dem Capitel über Fortpflanzung sprechen werden. Es können nämlich, so lange der Schwammkörper eine gewisse Größe noch nicht überschritten hat, die Zellen aus dem Fasergerüste völlig auswandern, wobei sie sich in dem umgebenden Wasser zerstreuen. Jede derselben ist befähigt, durch Theilung eine neue Colonie zu gründen. Diese Auswanderung scheint hauptsächlich dann stattzufinden, wenn die physicalischen und chemischen Verhältnisse des Wassers dem Gedeihen des Schwammes ungünstig sind.

Diese Einblicke in den Bau und in die Natur der Schwämme verdanken wir ausschließlich dem Mikroskop, denn ehe man dieses Instrument kannte und mit ihm die beweglichen Sarkodezellen, die das Wesen des Schwammes ausmachen, entdeckte, hat ein Umstand zu einer ganz falschen Auffassung dieser Wesen geführt. Zieht man nämlich einen lebenden Schwamm aus dem Seewasser und zerschneidet ihn, so findet man seine Höhlungen und Canäle ausnahmslos von einer zahlreichen Menge höherer Wesen bewohnt. Hauptsächlich sind es Kiemenwürmer, aber auch krebsartige Thiere und Muscheln findet man fast regelmäßig in ihnen. So kam's, daß man die Schwämme

früher auf die gleiche Stufe mit den Raupennestern stellte, und glaubte, dieses Fasergerüst sei gewebt von den Würmern und Krebsen, die seine Höhlungen bewohnen, und man gebrauchte geradezu den Ausdruck: es seien Wurmnester. Freilich haben andere Naturforscher, auch ohne das Mikroskop zur Hand zu haben, vollkommen stichhaltige negative Gründe dagegen angeführt, aber immerhin war erst die Entdeckung der Sarkodezellen der Abschluß der Beobachtungen über die Natur der Schwämme, wenn auch die über ihre Fortpflanzung, obwohl man sie von mehreren Arten ziemlich genau kennt, noch nicht ganz abgeschlossen sind.

Ich habe oben schon vorübergehend erwähnt, daß die Schwämme bei der Bildung unserer Erdrinde mit andern Thieren eine Rolle gespielt haben. Man findet nämlich in allen denjenigen Erd- und Gebirgsschichten, die reich an Wurzelfüßer-, Gitterthierchen- und Diatomeen-Schalen sind, eine nicht unbedeutende Zahl von Schwammnadeln, und bei Betrachtung mikroskopischer Schliffe der in die Kreide eingesprengten Feuersteinknollen hat man so oft mehr oder weniger deutlich Schwammnadeln erblickt, daß der Ausspruch nicht ungerechtfertigt erscheint, diese Kieselsäureablagerungen seien nichts anderes als fossile Schwämme. Es muß dabei natürlich ein Theil der Kieselnadeln oder sämmtliche auf wässrigem Wege gelöst und dann zu einer Kieselgallerte geronnen sein.

Wenn wir das, was uns die bisherigen Untersuchungen über die Schwämme gelehrt haben, kurz zusammenfassen wollen, so müssen wir sagen: Die Schwämme sind mehrzellige Thiere, bestehend aus fast wandungslosen Sarkodezellen, die in zwei Lagen, eine Rinden- und eine Markschicht, sich getrennt, und eine dritte Kategorie von Zellen zur Auskleidung des in ihrer Colonie entstandenen Canalsystems verwendet haben, und was den Zusammenhalt dieser halbflüssigen Sarkodezellen ermöglicht, ist das Gerüst, welches sich dieselben erbauen. Bei ihnen kommt das schon bei den Algen erwähnte Gesetz über die Größe der Zellen zu unverfälschtem Ausdruck, denn die der Rinde unterscheiden sich in fast nichts anderem als ihrer

geringen Größe von denen des Markes, und in gleicher Weise sind auch die Wimperzellen, die die inneren Hohlräume begrenzen, kleiner als die eigentlichen Markzellen.

X.

Gesetz der Aneinanderlagerung der Zellen.

Dem Mikroskop ist eine Zeitlang, ehe zahlreiche Forschungen seinen Werth für die Erkenntniß der organischen Welt festgestellt haben, selbst von Männern der Wissenschaft der Vorwurf gemacht, daß es ein Instrument sei, geeignet, das Streben des menschlichen Geistes auf die Abwege der Kleinigkeitskrämerei zu führen, sie zu zersplittern und so die Arbeit der scharfsinnigsten Geister nutzlos zu machen für's Wissen im Allgemeinen. Der Kundige wird natürlich heutzutage dem Mikroskop diese Vorwürfe nicht mehr in den Weg legen; aber in diesen Blättern, die dazu bestimmt sind, über die Kreise derer hinauszugreifen, die mit dem Thun und Treiben der Wissenschaft vertraut sind, glaube ich hervorheben zu müssen, wie ungerechtfertigt diese Beschuldigung ist, wie gerade das Mikroskop es ist, welches Einheit und Gesetzmäßigkeit in unser Wissen vom Organischen zu bringen bestimmt ist und auch bereits gebracht hat. Wem wird's nicht wirre im Kopf, der in ein reichhaltiges Naturaliencabinet tritt, und alle die Heerschaaren organischer Wesen verschiedener Form, Farbe und Gestalt im buntesten Wechsel vor sich sieht? er verzichtet im vornherein darauf das Labyrinth zu durchdringen. Nun nehme man aber einmal das Mikroskop zur Hand und greife in diese bunte Welt, zergliedere Organ um Organ, in welch' einfache architektonische Grundsätze löst sich das Ganze auf? So bunt geschmückt, mit den reichsten Sculpturen verziert, ein solches

organisches Gebäude sein möge, unter dem Mikroskop erscheint Alles als ein Bauwerk aus Zellen gefügt nach ganz bestimmten Gesetzen, die gelten für das Ganze, für den Theil, die gelten für alle Thiere und Pflanzen. In der That, für den Laien klingt es sonderbar, wenn man ihm sagt: Das Mikroskop sei das einzige Mittel, um die organische Welt ihrer sinnverwirrenden Mannigfaltigkeit zu entkleiden, und doch ist dem so. In dem Staat, den die Zellen vielzelliger Geschöpfe bilden, bestehen so sichere und allgemeingültige Regeln, wie für das gesellige Zusammenleben des Menschen.

Schon im vorhergehenden Abschnitt habe ich dem Leser eines dieser Gesetze der Zellgruppirung vorgeführt. Gehen wir über zu einem zweiten, das eigentlich nicht einmal ein neues Gesetz genannt werden kann; es ist ebenso die nothwendige Folge des vorhergehenden, wie der Menschenstaat die Folge der Familie ist. Um das zu verstehen, behalte der Leser unverrückt im Auge, daß jede Zelle ein selbstständiges Geschöpf ist, in dem Sinne, daß es der Ernährung bedarf und Bahnen besitzen muß, auf denen es die Producte seines Stoffwechsels wieder zu entfernen vermag. Das Zusammenleben von Zellen wird also gerade so wie der Menschenstaat bestimmt durch das Nahrungsbedürfniß der Einzelnen.

Weiter behalte man im Auge, daß nicht nur die Größe, wie ich im vorigen Abschnitt gezeigt habe, sondern auch die Form und chemische Zusammensetzung der Zellen vollkommen abhängig ist von der Art, wie jenen die Nahrung geliefert wird, und von der Beschaffenheit derselben. Von Haus aus sind alle Zellen eines vielzelligen Wesens gleich, sind sie ja doch entstanden durch Theilung einer Mutterzelle, und bei Geschöpfen, in deren Leib alle Zellen so gelagert sind, daß für sie gleichartige Ernährungsverhältnisse bestehen, bleibt dies ja auch, wie wir früher gesehen haben, zeitlebens so. Eine Verschiedenheit tritt erst ein, wenn durch die Zusammendrängung derselben ein Theil so gelagert wird, daß sie unter andern Ernährungsverhältnissen zu leben gezwungen sind, als die andern.

Wer diese Grundwahrheiten als Ausgangspunkt seiner Berech-

nung festhält, der kann die Zelllagerung sich nahezu eben so sicher construiren, als man in der Mathematik aus einer Anzahl bekannter Größen eine unbekannte berechnet. Denn was geht daraus hervor? 1) Daß alle Zellen, die unter gleichen Ernährungsverhältnissen stehen, einander gleich sein werden; und 2) daß Verschiedenheit der Ernährungsverhältnisse auch Verschiedenheit derselben bedingen müsse. Und jetzt brauchen wir nur noch zu wissen: wie und wo findet die Ernährung statt? Dann sind wir in der Lage, die Rechnung zu machen.

Die Ernährung eines Zellstaats beruht auf seinem Verkehr mit der Außenwelt; aus ihr beziehen wir unsere Nahrung, an sie geben wir die Ausscheidungsproducte ab, und wenn wir nun zunächst davon absehen, daß die Zellstaaten sich Communicationswege für die Ernährung der Individuen in ihrem Innern schaffen können, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, daß die Zellen bei ihrer Gruppirung sich richten müssen nach der äußeren Oberfläche des ganzen Zellstaats, d. h. die Zellen werden sich in Schichten legen, die parallel der äußeren ernährenden Oberfläche laufen, d. h. es wird ein solcher Zellstaat ebenso concentrisch geschichtet sein wie die Zelle selbst.

So lange wir's noch mit einfachen Verhältnissen zu thun haben, wird sich diese Schichtung wie bei den Algen und Schwämmen darauf zurückführen lassen, daß ein solcher Zellstaat zerfällt in eine Schicht aus Rindenzellen und eine größere oder geringere Anzahl von Schichten, bestehend aus Binnenzellen, die gradweise Unterschiede zeigen, je nach ihrer Entfernung von der ernährenden Oberfläche. Dieses Gesetz wird gelten nicht blos für den ganzen Körper, es wird gelten für alle die einzelnen Theile, für alle Verlängerungen, die derselbe ausschickt in die Außenwelt. Und in der That, wir mögen einen Fuß oder ein Haar, oder einen Zweig oder ein Blatt, oder was immer für einen Auswuchs des Ganzen gegen die Außenwelt in querem Durchschnitt mit bloßem Auge betrachten oder unter das Mikroskop bringen, wir werden immer eine concentrische Lagerung erblicken, entweder einfach, aus wenigen Schichten, oder aus zahlreichen ver-

schiedenartigen Schichten und Schichtengruppen zusammengesetzt, die überall da, wo keine Communicationswege für die Nahrung im Innern vorhanden sind, parallel der äußeren Oberfläche verlaufen.

Um nun zu einem weitern Verständniß der mannigfachen Complicationen zu gelangen, ist es nothwendig, im Auge zu behalten, daß, wenn die Zahl der zu einem Körper zusammentretenden Zellen wächst, eine Kategorie von Zellen es ist, welche an Masse zunehmen und deren Ernährungsverhältnisse sich schwieriger gestalten; nämlich die im Innern des Körpers liegenden, die ich Binnenzellen nenne. Für eine Schicht, für die Rindenzellen giebt es nicht mehr viel Neues, ihr Schicksal ist ziemlich festgestellt, und wenn wir eine allgemeine Geschichte der Rindenzellen schreiben wollen, so kommt nur eins in Betracht: Ob der Zellencomplex im Wasser lebt oder in der Luft, denn das ist von entscheidender Wichtigkeit für Gestalt und Function derselben.

Anders dagegen ist es bei den Zellen im Innern. Je weiter hier die Zusammenhäufung steigt, um so schwieriger werden nicht nur die Ernährungsverhältnisse dieser Zellen, es wächst auch die Unwahrscheinlichkeit, daß der Gleichgewichtszustand in den einzelnen Schichten sich erhält und es bei einer so gleichmäßigen Zu- oder Abnahme gewisser Eigenschaften je nach der Entfernung der Oberfläche bleibt, wie wir es auf dem Durchschnitt der Seealgen gesehen haben. Es müssen also in der Binnenschicht eine Reihe der mannigfaltigsten Ereignisse eintreten als Folge dieser veränderten Ernährungsverhältnisse; und bei einer Geschichte von dem Bau der Thiere und Pflanzen werden die Binnenzellen bei weitem den größten Theil der Capitel füllen.

Im Folgenden will ich nun diese Ereignisse zuerst nach einigen Hauptgesichtspunkten gruppiren und dann erst zur Schilderung der durch sie geschaffenen Zustände und Organisationstypen übergehen.

XI.
Bildung des Markes.

Was ist die natürlichste Folge, wenn Zellen weit von ihrer Ernährungsquelle entfernt werden? sie leiden Mangel, es erlischt ihre Wachsthumsfähigkeit und schließlich — was geschieht? — sie sterben, weil sie buchstäblich verhungern müssen.

Der Zelltod findet unter zwei Modalitäten statt: Entweder verschwinden solche Zellen mit Mann und Maus, es bleibt nichts mehr von ihnen übrig, ihr Körper zerschmilzt, — oder die Zelle kann als Leiche, als Mumie im Innern des Körpers zurückbleiben, bald mehr als unnützer Ballast, bald aber mit bestimmten, freilich nur passiven Functionen betraut. Im erstern Fall wird ein solcher Zellenstaat in seinem Centrum hohl und man findet, da dieses Absterben natürlich successive erfolgt, vom Centrum gegen die ernährende Oberfläche hin zunächst im Innern einen freien Raum und dann als Begrenzung desselben im Zerfall begriffene Zellen mit zerrissenen Membranen ohne Inhalt, kurz traurige Ueberbleibsel der Zerstörung, wie es z. B. am besten der Querschnitt eines Grashalms (siehe Fig. 129) zeigt.

Sind jedoch die innersten Zellen von dauerhafterer Constitution, namentlich durch Verdickung ihrer Hülle, so bleibt die Zelle als Leiche zurück. Die Veränderung, die dieselbe erfährt, trifft bei der Widerstandskraft der Zellhäute zunächst den Inhalt der Zelle. Statt eines lebenskräftigen Protoplasma finden wir solche Zellen erfüllt mit irgend einer indifferenten Flüssigkeit, wie z. B. die Holzzellen der Pflanzen, oder, und dieses ist namentlich im Pflanzenreich ein sehr häufiger Fall, die Zellen füllen sich mit Luft. Auch im Thierreich kommen solche Fälle vor, z. B. die Markzellen der weißen Haare sind mit Luft gefüllt. Die Botaniker, die, wie schon bemerkt, am häufigsten mit solchen lufthaltigen, im Centrum gelegenen Zellen zu

thun haben, gebrauchen für sie das Wort Markzellen, sich anschließend an die landläufige Bezeichnung dieser von den Pflanzenstengeln her bekannten Schicht.



Fig. 129.

Mit den zwei so eben beschriebenen Modificationen des Zelltodes, nämlich erstens des gänzlichen Verschwindens und zweitens des Ersatzes vom Inhalt durch Luft, haben wir für das Pflanzenreich, namentlich für die höheren Pflanzen, eine sehr constant vorkommende Schicht von Zellen, das Mark, gekennzeichnet, das immer im Centrum des ganzen Zellstaates gelegen ist. Es gehört übrigens hierher noch eine andere Schicht, nämlich das Holz, das nach außen von dem Mark gelegen ist, und sich bald mehr bald weniger scharf von ihm absetzt. Ich werde zwar erst im nächsten Abschnitt die Gruppirung der Holzzellen genauer schildern, wir müssen aber hier schon von dem Holz sprechen, weil wir auch diese Zellen als todte zu betrachten haben, da sie keine Function bei dem Stoffwechsel mehr ausüben. Die Rolle, die sie im Organismus spielen, ist eine passive, bedingt durch die Festigkeit und Widerstandskraft ihrer Zellmembran. Sie werden dadurch für die lebenden Zellen des Bastes Stützen und Träger und befähigen sie durch fortwährende Anlagerung, die riesigen Zellstaaten

zu bilden, die als Holzbäume einen so großen Theil unserer Erdrinde bekleiden, und Zeiträume zu überdauern, wie es vielleicht mit Ausnahme der Korallen kein lebendes Geschöpf sich nachrühmen kann.

Es erklärt dies auch, daß das Hohlwerden — in der Regel veranlaßt durch Insectenfraß oder durch Berstung in Folge heftigen Frostes — das Leben eines Baumes nicht beeinträchtigt; es gefährdet nur seine Stabilität, denn mit dem Stoffwechsel, d. h. dem Wachsthum der Blätter, Blüthen und Früchte und der Bildung neuer Holzlagen, hat die einmal fertige Holzzelle gar nichts zu thun, so wenig als das früher geschilderte Mark. Ein Baum ist eine lebende Zellcolonie über einen Berg von Zellenleichen gebreitet, von ihnen nicht mehr Vortheil ziehend als wir von der Geschichte unserer Vorfahren: Sie erhalten dem Staatshaushalt seine ererbte Form und Verfassung, wie wir unsere Staatseinrichtungen als Vermächtniß unserer Ahnen besitzen.

XII.

Das Epitelium.

Wenn wir an das Capitel über die Entwicklung der Organismen kommen, werden wir bei den höheren Thieren einen Fall kennen lernen, der an die Bildung des Markes oder richtiger gesagt des leeren Markraums erinnert und zur Bildung der Darmhöhle führt, allein bei den niedersten mit einer Leibeshöhle ausgestatteten Thieren kommt diese in einer etwas andern Weise zu Stande.

Es ist nämlich noch ein anderer Fall denkbar, freilich nur, wenn die Zellen eine bestimmte Beschaffenheit besitzen, die es ihnen möglich macht, dem unerbittlichen Schicksal des Ausgehungertwerdens zu enteilen, und das ist der Fall bei den thierischen Zellen. Statt

daß nämlich die Zellen in träger Ruhe warten, bis das Todesloos sie ereilt, können sie, wenn sie Beweglichkeit genug besitzen, um das auszuführen, aus einander weichen, um so freiwillig einen Hohlraum zu bilden, ehe der Tod der centralen Zellen sie zum Schaffen eines solchen zwingt; kommt nun dem, wie dies eben im Thierreich der Fall ist, ein Auseinanderweichen der übrigen Zellen an einer oder der andern Stelle des Leibes zu Hilfe, so daß dieser innere Raum durch eine Oeffnung mit der Außenwelt in Verbindung tritt, dann beginnt ein neues Leben für den Zellstaat. Jetzt sind Verhältnisse geschaffen, die eine directe Ernährung der central gelegenen Zellen ermöglichen; der Zellstaat hat eine neue Bahn betreten, in deren Verfolg er zur höchsten Organisationsstufe aufsteigen kann.

Eigentlich sollte ich die nun eintretenden Folgen für die Gruppirung der Zellen, weil sie speciell nur für das Thier gelten, in einem spätern Abschnitt folgen lassen, allein sie gehört so sehr zur vorhergehenden Schilderung der Lagerungsgesetze, daß ich schon jetzt darüber einige Worte sagen muß. Der Leser vergegenwärtige sich, daß ich oben sagte: Zellen, die unter gleichen Ernährungsverhältnissen leben, sind einander gleich. In dem Moment nun, wo der durch das Auseinanderweichen der centralen Zellen entstandene Hohlraum sich für die Außenwelt öffnet, treten die ihn begrenzenden Zellen unter die gleichen Ernährungsverhältnisse wie die Zellen, die die äußersten Schichten des Körpers bilden, d. h. sie stehen in einer durch keine Vordermänner gestörten Beziehung zur Außenwelt. Die Folge ist, daß sie den Rindenzellen in vielen der wesentlichsten Charaktere, also gerade z. B. in dem schon früher angeführten, in Bezug auf Größe, gleichen, und ebenso in Bezug auf die Art der Aneinanderreihung. Dazu kommt noch, daß an der Stelle, wo der innere Hohlraum sich öffnet gegen die Außenwelt, die Schicht dieser innern Zellen in directem Anschluß steht an die Rindenzellen der äußeren Oberfläche.

Dieses giebt uns ein Recht, sie unter einer Benennung zu ver-

einigen mit den letztern, und auch sie als Rindenzellen aufzufassen. Aber natürlich, so wenig als die Ernährungsverhältnisse zwischen einer solchen innern und der äußern Oberfläche eines Zellstaates vollkommen gleich sind, so wenig besteht eine vollkommene Uebereinstimmung in der Natur ihrer Zellen; denn diese richtet sich ja ganz nach den Ernährungsverhältnissen. Dieses sowohl als die Unterschiede in der Lage und das formelle Bedürfniß einheitliche Namen zu besitzen, hat die Anatomen veranlaßt, bei den Thieren die äußere Rindenschicht Epidermis, die innere Epitel zu nennen und in der Folge werden wir uns dieser Namen bedienen. Machen wir uns für ein solches Geschöpf, das einen innern, mit der Außenwelt communicirenden Hohlraum besitzt, ein Schema, so wird es im Querschnitt aussehen, wie Fig. 130, im Längenschnitt, wie Fig. 131;

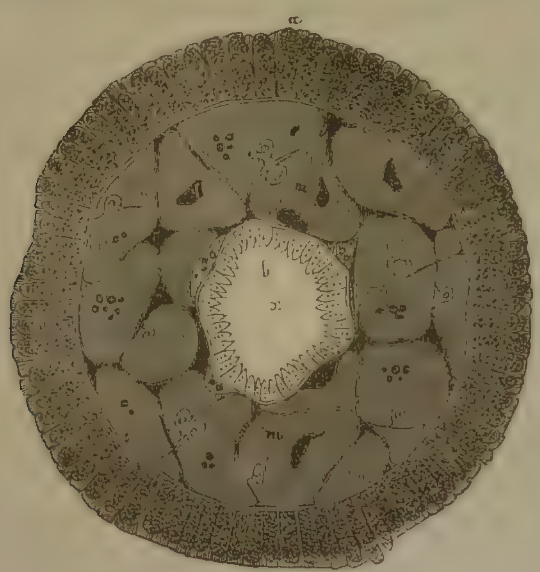


Fig. 130.

x ist der innere Hohlraum, os und oa die Oeffnungen, durch die er mit der Außenwelt communicirt — es sind nämlich in der Regel zwei, eine Mund- und eine Afteröffnung — und der Thierleib wird bestehen aus einer mittleren Binnenschicht m, die nach außen begrenzt ist durch eine Rindenschicht a und nach innen durch eine Rindenschicht b.

Um diesen Abschnitt abzuschließen mit einem bestimmten Beispiel, so führe ich hier den Bau eines kleinen Geschöpfes an, das in unseren Süßwassern zu finden ist, meist geheftet an die Wurzelfäden der Wasserlinsen oder die Stengel und Blätter anderer Wasserpflanzen, den Süßwasserpolypen. Er ist ganz genau gebaut wie das obige Schema, sein Körper ist ein hohler Schlauch, aufrechtstehend mit zwei Oeffnungen an beiden Enden, innen begrenzt durch eine Schicht farbstoffhaltiger Epitelzellen, nach außen durch eine Lage von Zellen, die zarte Nesselfäden tragen und dazwischen liegt als Binnenschicht eine Lage großer, mit hoher Bewegungsfähigkeit ausgestatteter Zellen, auf deren Thätigkeit der äußerst hochgradige Gestaltwechsel des Thierchens beruht, bald kann es sich dehnen zur schlanken hohen Säule, bald schrumpft es durch Zusammenziehung zu einer eiförmigen Kugel.

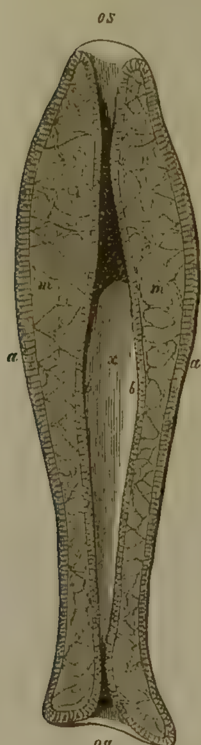


Fig. 131.

Wir haben durch unsere bisherigen Betrachtungen von den Zellstaaten einige constante Zellgruppen abgeschieden, welche die Abhängigkeit der Zellen von den Ernährungsverhältnissen am schärfsten und unmittelbarsten vor Augen führen, nämlich die Begrenzungszellen des Thier- und Pflanzenkörpers, die bei dem ersteren in doppelter Anzahl vorhanden sind, nämlich einerseits zur Begrenzung der äußeren Oberfläche und dann zur Begrenzung des inneren Nahrungsreservoirs, und eine zweite Gruppe, die sogenannten Markzellen und die Zellen des Holzes, die, weil ausgeschlossen von der Ernährung, auf den Aussterbeetat gesetzt sind. Es bleibt uns jetzt als Rest unserer allgemeinen Betrachtung das Schicksal der Zellschichten, welche zwischen diesen beiden mitten inne liegen. Sie sind die wichtigsten, weil sie der Heerd sind für die mannigfaltigsten Vorrichtungen, die den Zusammenhalt complicirter Zellstaaten ermöglichen.

XIII.
Die Zwischenzellgänge.

Sind die Rindenzellen die Naturproducenten, die Bauern im Zellstaat, die direct von der Ausnutzung der äußeren Lebensbedingungen ihre Existenz fristen, so gleichen die von ihnen eingeschlossenen Zellen den dicht gedrängt lebenden Städtebewohnern, die ihre Nahrung nur dem Fleiß der Bauern, freilich nicht ohne Gegenleistung danken; sie führen eine abhängige Existenz. Nicht fähig, sich selbst zu ernähren, müssen sie sich von den Rindenzellen speisen lassen, sind aber andrerseits befähigt, eine Menge Dinge auszuführen, zu denen den Rindenzellen weder Zeit noch Fähigkeit gegeben ist. Was uns hier zunächst interessirt, sind die Folgen dieser Absperrung von den umgebenden Medien für Form und Ablagerung der Zellen. Da wir von der Bildung des Marks im Sinn der Botaniker schon im vorigen Abschnitt gesprochen haben, so bleibt uns für die jetzige Betrachtung nur das Schicksal der Zellen übrig, die entweder zwischen Rinde und Mark mitten inne liegen, oder zwischen Rinde und Epitel, d. h. der äußeren und inneren Rindenschicht. Das erstere fällt so ziemlich zusammen mit der Schilderung des Baues der höheren Pflanzen, das letztere ist der Inbegriff der feineren Anatomie des Thierkörpers.

Am einfachsten sind natürlich die Verhältnisse im Pflanzenreich. Da sind's vor Allem zwei Vorgänge, die von gestaltgebendem Einfluß auf den Zellstaat werden: Einmal die Bildung der Saftgefäße und dann die der sogenannten Intercellulargänge. Der gestaltgebende Einfluß beider besteht darin, daß sie die Verproviantirung der Binnenzellen erleichtern, indem es Wege sind, ihnen das Ernährungsmaterial in directer Weise zu hinterbringen. Die Entstehung der Intercellulargänge kommt zu Stande, wenn die Zellen sich nicht

dicht zusammenlagern, gegenseitig polygonal sich drückend, gleich den Zellen einer Bienenwabe, sondern wenigstens theilweise ihre gebogene Fläche beibehalten, so daß zwischen den einzelnen Zellen kantige Lücken übrig bleiben, die natürlich dann in einer Art von Maschenwerk mit einander communiciren. In manchen Fällen ist dieses Canalnetz von Zellkitt, den die Zellen ausgeschieden haben, erfüllt, und dann spielt es für die Geschichte der Markzellen eine unbedeutende Rolle. Bei den Blättern der höheren Pflanzen kommt es dagegen zu einer Communication dieses Canalsystems mit der umgebenden Atmosphäre. Es kann dies natürlich nur dadurch geschehen, daß die Rindenzellen an einzelnen Stellen auseinanderweichen, um Oeffnungen zwischen sich zu schaffen, die den Zutritt der Luft in die Intercellularräume gestatten, und dieses findet denn auch in ausgedehnter Weise statt. Ich habe in Figur 132 diese Verhältnisse dargestellt. Entfernt man durch Maceriren die Rindenschicht eines Pflanzenblatts und bringt sie unter das Mikroskop, so sieht man (b u. c) zwischen den polygonal gegen einander abgegrenzten, oder nach Art eines Geduldspiels zackig in einander greifenden Rindenzellen in regelmäßigen Abständen einzelne Zellenpaare liegen, wurstförmig gebogen mit den ausgehöhlten Rändern gegen einander gelegen, so daß eine froschmaulartige Spalte zwischen ihnen entsteht, die in die Tiefe führt, wie man deutlich auf dem Querschnitt a der Fig. 132 erblickt. Diese Oeffnungen, die eine so wichtige Rolle in dem Lebensproceß der Luftpflanzen spielen, nennt man Spaltöffnungen oder Stomata. Nicht nur sind sie wesentlich für die Zufuhr der äußeren Luft, also den Athmungsproceß der Pflanze, sie sind auch die

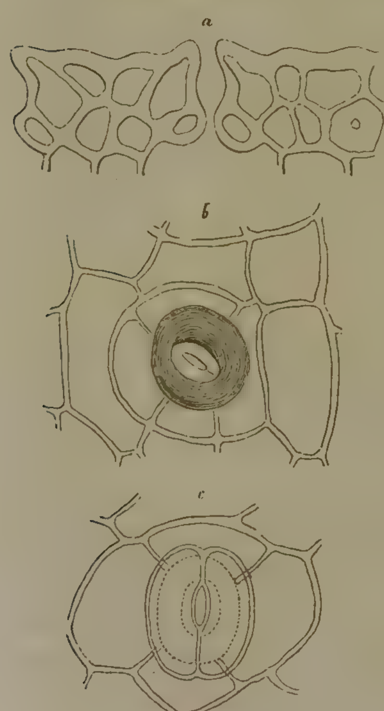


Fig. 132.

wunden Stellen, durch die, wie wir später hören werden, die Schmarotzerpilze ihren Einzug in das Blattgewebe halten, um es zu zerstören. In Figur 133 ist das Verhältniß der Spaltöffnungen zu den Inter-

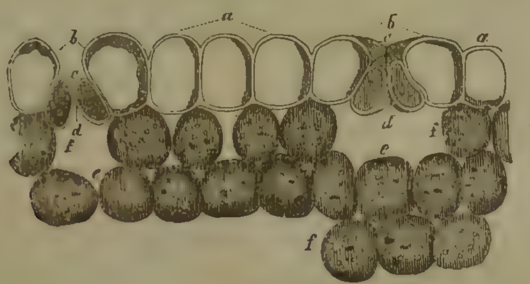


Fig. 133.

cellularräumen auf dem Querschnitt eines Irisblattes dargestellt. a sind die gewöhnlichen Zellen der Blattrinde; bei b sieht man den Eingang in eine Spaltöffnung, der durch die etwas weiter in der Tiefe gelegenen wurstförmigen Zellen cd begrenzt wird. Unter jeder Spaltöffnung liegt eine geräumigere Luftkammer fe, von der aus seitlich und in die Tiefe die Communication mit den feinern, zwischen den übrigen Zellen verlaufenden Gruppen stattfindet, um die äußere Luft in directer Weise allen diesen Zellen zuzuführen.

Auf diesem Querschnitt sieht man auch die Wirkung, die die Intercellulargänge auf die Binnenzellen ausüben. Sie erzeugen eine Ausnahme von dem früher erwähnten Gesetz, daß dieselben größer sind als die Rindenzellen, und zwar aus dem einfachen Grund, weil eben hier die Ernährung der Binnenzellen von ihren Vordermännern, den Rindenzellen, gewissermaßen unabhängig gemacht wird, indem ihnen die Luft direct zukommt, aus der sie Kohlensäure und Feuchtigkeit zu ihrem Lebensunterhalt beziehen. Zu bemerken ist noch, daß diese Zwischenzellgänge in den Blättern der höhern Pflanzen sich vorzugsweise auf der untern, dem Licht abgewendeten Seite ausbreiten und so die Differenz in der Farbe der beiden Blattflächen bedingen. Während die grüngefärbten Zellen der obern Blattfläche dicht geschlossen ein glänzendes Grün erzeugen, giebt das Auseinanderdrängen der Zellen durch die Luftcanäle der untern Blattfläche ein mattgrünes, ja in

manchen Fällen wie bei der Silberpappel ein silberglänzendes Aussehen. Natürlich da, wo das Blatt wie bei den irisartigen Gewächsen keine obere und untere Seite besitzt, ist auch dieser Unterschied nicht vorhanden. Dort sind Spaltöffnungen und Intercellulargänge auf beiden Seiten gleich entwickelt.

Im Hinblick auf das oben erwähnte Gesetz von der Größe der Zellen, je nach ihrer Lage zu der ernährenden Oberfläche, ist es übrigens

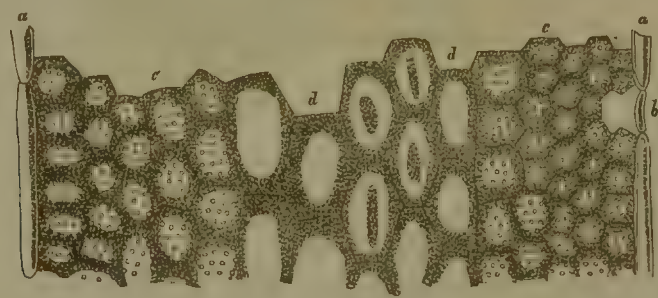


Fig. 134.

interessant, einen Schnitt durch die ganze Breite eines Irisblattes zu betrachten, wie ihn Figur 134 darstellt. Da nämlich die Zwischenzellgänge nicht weit gegen die Tiefe vordringen, so können sie nur den Größenunterschied zwischen den Zellen der Rinde und den oberflächlichsten Binnenzellen verwischen, aber nicht den Unterschied, der unter den Binnenzellen selbst besteht. Nicht nur unterscheiden sich die bei c abgebildeten farbstoffhaltigen Zellen durch ihre Kleinheit von den bei d abgebildeten, im Centrum des Blatts liegenden farblosen Zellen, selbst unter ihnen ist eine Zunahme der Größe nach der Tiefe hin deutlich wahrzunehmen, ein Beweis, wie allgemein dieses Gesetz den Bau eines Zellstaates beherrscht.

XIV.

Die Gefäßbündel der Pflanzen.

Ein weiteres wichtiges Ereigniß innerhalb der Binnenschicht der Pflanzen ist das Auftreten der Saftgefäße. Man hat dieses, seit man mit dem mikroskopischen Bau der Pflanzen genauer bekannt ist, als einen der obersten Eintheilungsgrundsätze im Pflanzenreich benutzt. Früher unterschied man Cryptogamen und Phanerogamen, je nachdem die Pflanze die Apparate ihrer Fortpflanzung als Blüthen entfaltet, oder sie mehr oder weniger versteckt, in das Innere ihrer Vegetationsorgane verbirgt und das in vielen Fällen so geschickt, daß erst in der neueren Zeit die vollkommensten Mikroskope es waren, die hinter diese Geheimnisse gekommen sind. Aber eben jetzt, nachdem das Mikroskop gezeigt hat, daß alle Pflanzen und Pilze — bei den letzteren dauerte es am längsten, bis man zu dieser Einsicht kam — eine von bestimmten Apparaten ausgeführte geschlechtliche Fortpflanzung besitzen, ist die Unterscheidung von Cryptogamen und Phanerogamen obsolet geworden und man theilt seitdem das ganze Reich in 2 große Gruppen: die Lagerpflanzen oder Thallophyten und die Gefäßpflanzen. Den erstern fehlen die Saftgefäße; bei den letztern sind sie eines der hervorragendsten mikroskopischen Gebilde. Nach der Anordnung der Saftgefäße im Stamm der Pflanze theilt man wieder weiter die Gefäßpflanzen in monocotyle und dicotyle Pflanzen — Namen, die freilich nicht diesem Verhältniß, sondern der Zahl der Samenlappen entnommen sind.

In den ersten Anfängen erscheinen die Saftgefäße der Pflanzen als mehr oder weniger langgestreckte Zellen, die durch die schon früher erwähnten Verdickungsschichten der Zellen jenes zierliche Aussehen gewonnen haben, das ihnen je nach der Anordnung dieser Verdickungsschichten den Namen Spiralgefäße oder Treppen- oder Tüpfelgefäße

verliehen hat. Im Laufe der Entwicklung strecken sich nicht nur diese Zellen zu langen Röhren, es kommt auch zu einer directen Verschmelzung mehrerer in einer Linie liegender solcher Zellen dadurch, daß die sie trennenden Zellwände aufgesaugt und durchbrochen werden. So entstehen dann lange Röhren, welche den ganzen Pflanzenkörper von der Wurzel bis hinaus in die Blätter durchziehen und in denen eine freie Communication der Flüssigkeit durch alle Querschnitte der Pflanzenpyramide von der Wurzel bis zum Blatt stattfinden kann.

Die Saftgefäße sind also Bahnen, auf denen die Pflanze alle die Ernährungsdifferenzen ausgleicht, die zwischen Blatt und Wurzel bestehen, und da in Folge der Undurchlässigkeit der Rindenzellen am Stamm der Holzpflanze der Stoffwechsel fast ganz auf Wurzel und Blätter beschränkt ist, so spielen natürlich die Saftgefäße eine entscheidende Rolle für alle Zellen, welche am activen Leben der Pflanze sich betheiligen. Daß dem so ist, wird uns namentlich deutlich, wenn wir die Lage der Saftgefäße in's Auge fassen.

Sie liegen, wenn auch nicht mathematisch mit dem Zirkel gemessen, in der Mitte zwischen der Rinde und den abgestorbenen Mark- oder Holzzellen, ziehen also mitten durch die lebenden Binnenzellen hindurch, nach rechts und links ihre Nahrung abgebend, und wie schon früher bemerkt, die Größenverhältnisse der um sie gruppirten lebenden Binnenzellen zeigen am besten, daß sie für dieselben die gleichen Rollen spielen, wie eine ernährende Oberfläche. Wenn ich einen Vergleich ziehen will, so fallen mir da jene primitiven Dörfer ein, bei welchen sämmtliche Häuser zu beiden Seiten einer das Dorf in einer Linie durchschneidenden Landstraße liegen. Es giebt da noch keine Quer-Communicationen, die Circulation der Nahrungsmittel geht den schnurgeraden Weg.

Wir müssen jedoch bei den Saftgefäßen noch ein wichtiges, bereits erwähntes Lagerungsgesetz in's Auge fassen, da dasselbe nicht nur einen wichtigen systematischen Unterschied bildet, sondern auch uns zwei Hauptformen der baumartigen Pflanzen erklärt.

Bei den dicotylen Bäumen, also unsern Laub- und Nadelhölzern, liegen die Saftgefäße, in Bündeln gruppirt, in einer kreisförmigen Schicht rund um den Stamm herum, inmitten des sogenannten Bastes, während bei den monocotylen Bäumen, den Palmen und Baumfarren, die Saftgefäße gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitt des Stammes zerstreut liegen (siehe oben Fig. 123).

Dieser Unterschied im mikroskopischen Bau bedingt eine wesentliche Differenz des Wachsthums, da die Saftgefäße die Träger der Ernährung, also die Vermittler des Wachsthums sind. Da sich dies natürlich nur im Umkreis einer ernährenden Fläche äußern kann, so ist eine Lagerung, wie wir sie bei den Palmen finden, nicht vereinbar mit einem Dickewachsthum des Stammes. Wenn da alle Saftgefäße rund um sich herum neue Zellen produciren wollten, so müßten die innern die äußern verdrängen und ihren Zusammenhang sprengen, weil sie ja sonst keinen Raum für die neuproducirten Zellen hätten. Es kann also bei solchen Bäumen nur ein Längewachsthum des Stammes stattfinden, nicht aber ein Dickewachsthum.

Anders ist's dagegen da, wo die Saftgefäße eine kreisförmige Schicht bilden; dort ist die Möglichkeit des Dickewachsthums vorhanden und die neuproducirten Zellen sammeln sich vorzugsweise an der centralen Seite des Saftgefäßbündels, eine neue Schicht über dem schon früher gebildeten Holzcylinder darstellend, während die Saftbündel selbst nach außen auswachsen. Freilich wird auch dabei noch die Rinde solcher Bäume gewöhnlich gesprengt, und daher das zerrissene Aussehen derselben.

Da wir einmal daran sind, so will ich dem Leser alle die Erscheinungen, die man auf dem Querschnitt eines dicotylen Baumstammes erblickt, vollends erörtern, denn der Schlüssel zu ihnen ist eben die Lagerung der Saftgefäße. Versetzen wir uns bei einer solchen Pflanze zurück in den Zustand, wo sie noch nicht verholzt ist, wo das ganze Gebilde noch krautartig weich, so sehen wir auf dem Querschnitt außen eine ein- oder mehrfache Lage von Rindenzellen, ihnen gegenüber im Centrum die Markcylinder, d. h. Zellen, die wegen ihrer

Entfernung vom Ernährungsheerde abgestorben sind. In der Mitte zwischen beiden Lagen steigt eine größere oder geringere Anzahl von Gefäßbündeln auf, die in regelmäßigen Entfernungen von einander auf einem und demselben Kreis liegen. Wenn wir nun bedenken, daß jedes Gefäßbündel ein Heerd der Ernährung ist, so muß es natürlich in der Mitte der Entfernung zwischen zwei benachbarten Gefäßbündeln für die Zellen ein ähnliches Verhältniß geben, wie für die Zellen des Markcylinders. Sie liegen in größter Entfernung vom Ernährungsmittelpunkt und die Folge wird sein, daß sie eine ähnliche Umwandlung erfahren, wie die Zellen des Markcylinders. Was wird nun die Folge für das Aussehen eines solchen Querschnittes sein? Der Markcylinder wird keine kreisförmige Contour besitzen, sondern eine sternförmige (siehe Fig. 135), indem von ihm

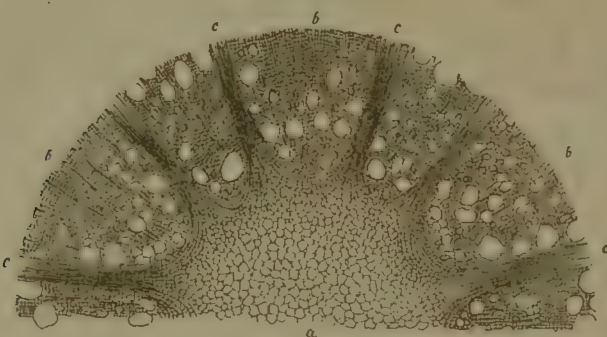


Fig. 135.

Spitzen ausstrahlen, die gerade auf den Mittelpunkt zwischen zwei Gefäßbündeln treffen. Nun denke man sich den Proceß der Holzbildung. Das Holz, das sich in der Umgebung des Gefäßbündels ablagert, wird sich in die zwischen zwei Spitzen der Markausstrahlung liegenden Ausschnitte legen und jeder solche Holzkörper, deren es so viele sind, als Ausstrahlungen des Markcylinders, wird keilförmig nach außen wachsen, und mit ihm werden auch die Ausstrahlungen des Markcylinders auf dem Querschnitt sich verlängern; das ist's, was man eben bei einer Holzpflanze die Markstrahlen nennt. Kommt es später zur Auflösung eines Gefäßbündels in mehrere, so treten natürlich sekundär Markstrahlen auf,

die radienförmig vom Centrum gegen die Peripherie verlaufen. Die Zellen, welche in diesen Markstrahlen liegen, tragen den unverkennbaren Charakter 1) des Drucks, der von den rechts und links liegenden Ernährungsheerden auf sie ausgeübt wird, und sind deshalb flach, und 2) sind sie in der Richtung, wo das Dickewachsthum stattfindet, also vom Centrum gegen die Peripherie hin ausgedehnt. Dies sieht man am deutlichsten auf einem Schnitt, der parallel der Axe des Stammes gehend die Markstrahlen quer durchschneidet (siehe Fig. 136).

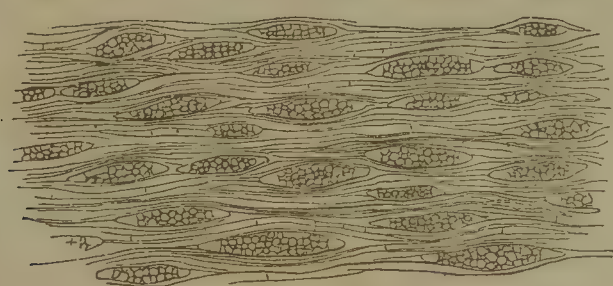


Fig. 136.

Ein weiteres wohlbekanntes Kennzeichen eines Holzquerschnittes sind die sogenannten Jahresringe. Sie finden sich nur bei den Bäumen, die in der gemäßigten Zone wachsen, und sind eine Folge des Wechsels der Jahreszeiten, fehlen also bei allen Holzpflanzen der Tropen, wo es einen solchen Wechsel der Vegetationszeit nicht giebt. Die Erscheinung kommt in folgender Weise zu Stande. Während des Sommers ist die Bildung neuer Zellen der Vorgang, der den Holzcylinder um eine ringförmige Schicht verdickt. Im Herbst, wenn die Blätter fallen, hört die Bildung neuer Zellen auf und die Ernährungssäfte, die in den Saftgefäßen zurückbleiben, verwenden den Rest dessen, was sie von ernährungsfähigem Material noch haben, um die Zellen, welche sich zuletzt gebildet haben, mit starken Verdickungsschichten zu versehen, so daß sie dickwandiger werden, als die Zellen, welche im ersten Frühjahr sich abgelagert haben. Man kann also aus der Anzahl der Jahresringe, die ein Holzquerschnitt besitzt, die Zahl der Vegetationsperioden erkennen, die er durch-

gemacht hat. Diese Zahl fällt aber nicht vollkommen zusammen mit der Jahreszahl, indem auch in unserem Klima zwei Vegetationsperioden in den Lauf eines Jahres fallen können. Wenn nämlich in der Mitte des Sommers lang anhaltende Dürre und Hitze das Laub sengt, so tritt ein kurzer Stillstand ein; und folgt dann wieder eine Periode, wo erhöhte Feuchtigkeit einen neuen Safttrieb verursacht, so stellt sich eine zweite Herbstvegetationsperiode ein, wo der Baum, wie z. B. bei den Kastanien dies so häufig beobachtet wird, noch einmal Blüthen und Blätter treibt. Im Holz eines solchen Baumes bildet sich dann ein zweiter Jahresring, freilich schwächer als der erste.

Wir sehen also, daß Alles, was wir auf dem Querschnitt einer Pflanze erblicken, innig zusammenhängt mit den Ernährungsverhältnissen, unter denen die einzelnen Zellen stehen. Wo diese letztern gleichartig sind, da sind auch die Zellen gleichmäßig gestaltet; wo sie verschieden sind, sehen wir einen Unterschied in Form und Größe, und das zeigt uns so recht deutlich, was ein organisches Wesen ist: Es ist eine mehr oder weniger dicht geschlossene Colonie von einzelnen Geschöpfen mit einem gewissen Grad individueller Selbständigkeit, von denen eben jedes sich so formt und entwickelt, wie es seine Verhältnisse erlauben. Wir sind natürlich noch weit davon entfernt, für jeden einzelnen Fall die Ernährungsverhältnisse des betreffenden Individuums in Zahlen mathematisch genau, chemisch und physicalisch berechnen zu können, obwohl auch dem kein Hinderniß entgegensteht, das wir nicht durch Beobachtung, durch Messung und Wägung beseitigen könnten, allein für unsere Darstellung, für die Schilderung dessen, was das Mikroskop für die Erkenntniß der Organismen geleistet hat, liegt in dieser Thatsache das Entscheidende und allein Wichtige. Das Messen und Wägen im Detail ist Sache des Forschers. Dem, der das Bestreben hat, sein allgemeines Wissen über alle Gebiete des Geschaffenen auszudehnen, genügt das Gesetz, genügt das Allgemeine. Er verlangt von dem Gelehrten nur so viel, daß er ihm für das Gesetz die nothwendige Begründung mit

auf den Weg giebt und sie so weit führt, bis in ihm die Gewißheit erwächst, daß er es wirklich mit einem Gesetz zu thun hat. Der Forscher lebt vom Detail, der Zuhörer vom Gesetz.

XV.

Das Bindegewebe.

Haben wir in den zwei vorhergehenden Abschnitten Verhältnisse besprochen, die speciell für das Pflanzenreich gelten, so kommen wir jetzt zur Betrachtung einer Zellgruppirung, welche für das Thier charakteristisch ist. Untersuchen wir den Leib eines höhern Thiers, so finden wir unter der Rinde, d. h. unter der äußersten den Körper einhüllenden Schicht, die aus geschlossen aneinanderliegenden Zellen besteht, ehe wir auf die eigentlichen Binnenzellen stoßen, eine Lage, in der die Zellen auf den ersten Blick verschwunden zu sein scheinen und ersetzt durch zugige, wellenförmig verlaufende Fasern — denn von den reichlichen Blutgefäßen und Nerven dieser Schicht sehen wir vorläufig ab —. Erst bei genauerem Zusehen

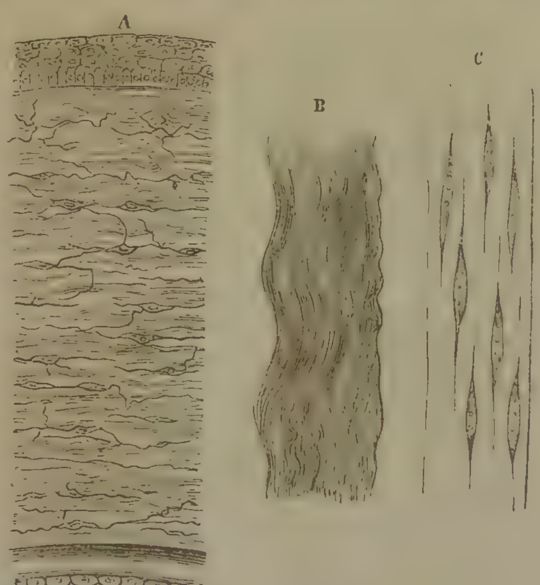


Fig. 137.

und Behandlung mit Reagentien, allerdings bei manchen Thieren auch ohne solche, erkennt man, daß die Zellen noch da sind, und zwar (siehe Fig. 137 bei A, Querschnitt der Hornhaut des menschlichen Auges, B, das Bindegewebe eines Seeigels, C, dasselbe nach Behandlung

mit Essigsäure) in Form von kleinen, bald spindelförmig, bald unregelmäßig eckig ausgezogenen Körperchen, von deren Ecken feine Röhrchen ausstrahlen. Diese sind bald gerade, bald mehr oder weniger verästelt und verbinden sich mit den Ausläufern benachbarter Zellen. In den meisten Fällen ist in der Zelle noch deutlich der Kern als stark lichtbrechendes glänzendes Körperchen vorhanden, während die Zellhöhlung oft fast ganz verschwunden ist.

Man hat sich bis jetzt noch nicht einigen können, wie die Entstehung dieses eigenthümlichen Zellgewebes aufzufassen sei, und ich will dem Leser kurz die zwei einander gegenüberstehenden Ansichten auseinandersetzen. Die eine gründet sich auf eine Analogie mit einigen Geweben, wie wir sie bei den Pflanzen finden, und die ich am besten an den auf nachstehender Figur 138 abgebildeten Pflanzentheilen deutlich machen kann. Betrachtet man in der angegebenen Figur das bei A dargestellte Gewebe (Collenchymzellen aus dem Stamme der Birke), so erkennt man, daß hier viereckige durch feine Contouren begrenzte Zellen vorliegen, in welchem jede einzelne eine große mit obiger Contourzeichnung nicht zusammen fallende Höhlung besitzt, von einer doppelt contourigen Membran begrenzt. An einigen Zellen stoßen diese Höhlungen zweier benachbarter Zellen aneinander. Halten wir damit zusammen die Darstellung bei B (Zellen aus dem Sameneiweis von Sagus taedigera), so finden wir dort ein ähnliches Verhältniß,

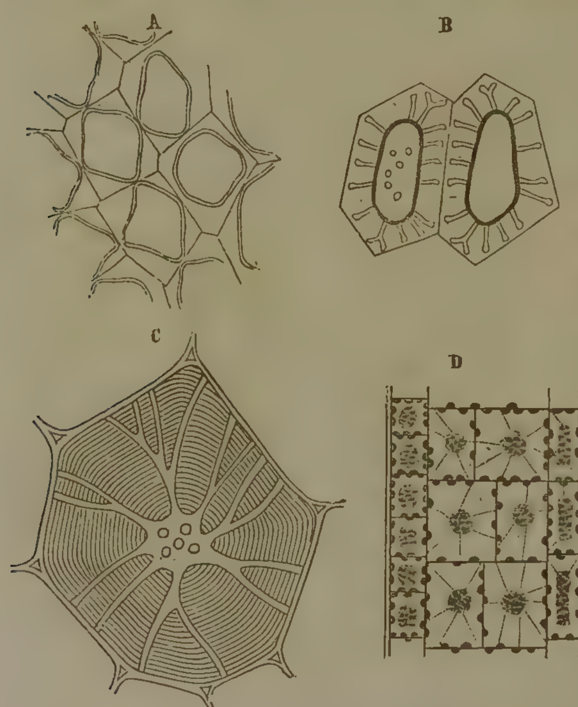


Fig. 138.

nur daß von der mittleren Zellhöhle feine Röhrchen auslaufen, die sich den entsprechenden der anstoßenden Zelle nähern, ohne jedoch mit ihnen zu verschmelzen. Den ausgebildetsten Zustand endlich zeigt die Zelle, die bei C abgebildet ist (Querschnitt durch eine Markzelle von Hoya carnosa). Sie ist von Haus aus ebenfalls polygonal, die Höhlung in ihrem Innern, die ein paar Körnchen enthält, ist in dem Verhältniß zur ganzen Zelle außerordentlich klein und die feinen Röhrchen, die von ihr aus bis gegen die Grenzschicht der Zelle vordringen, sind sehr lang und dichotomisch veräſtelt. Der Theil der Zellen, den diese Röhren durchdringen, besteht, wie Querschnittzeichnungen deutlich machen, namentlich dann, wenn man die Zelle in Salzsäure aufquellen läßt, aus lauter zarten Blättern, die der Grenzlinie der ganzen Zelle mehr oder weniger parallel laufen. Die Botaniker nennen nun diese bald von Röhrchen durchbohrten, bald von solchen freien Schichten secundäre Zellmembranen und ihre Entstehung ist offenbar so zu denken: Der eigentlich lebende Theil der Zelle, das Protoplasma oder die Sarkode, nachdem er eine kugelige oder polygonale Zellmembran um sich abgeschieden hat, fängt an sich stellenweise von dieser ursprünglichen Hülle zu entfernen und lagert dabei successive immer neue Wandschichten auf die innere Fläche der alten ab. Findet dieser Rückzug des Protoplasma allseitig gleichmäßig statt, so kommt es zu ununterbrochenen, auf dem Querschnitt ringförmig erscheinenden Verdickungsschichten, wie wir sie bereits früher in Fig. 111 bei den Bastzellen kennen gelernt haben; bleibt jedoch das Protoplasma an einzelnen der ursprünglichen Zellmembranen anhaften, so erfahren diese Verdickungsschichten an dieser Stelle eine Unterbrechung, die, wenn der Zusammenhang mit der im Centrum gelegenen Sarkode nur fadenförmig ist, die Form eines die Verdickungsschicht durchdringenden Röhrchens besitzt.

Für diese Entstehungsart spricht außerdem der Zustand, den wir bei vielen Zellen, namentlich aus der großen Familie der Algen kennen, und der bei d der oben angeführten Figur 138 abgebildet ist. Auch hier hat sich der eigentlich lebendige Theil der Zelle, die

Sarkode, von der ursprünglichen Zellwand zurückgezogen und stellt ein den Zellraum durchziehendes Netz vor, in dessen Centrum, gleich der Spinne in ihrem Gewebe, der Zellkern und die Farbstoffkügelchen ruhen, aber ohne daß es dabei zur Bildung von Verdickungsschichten auf der ursprünglichen Zellmembran gekommen wäre; es ist eine wässerige Flüssigkeit, die den so entstandenen leeren Raum der Zelle füllt.

Ganz ebenso fassen viele Zootomen das Zellgewebe der Thiere auf. Sie lassen die zwischen den Röhrennetzen liegende faserige Masse — die sogenannten Bindegewebfasern — entstanden sein als Verdickungsschichten der ursprünglichen Zelle, und der Unterschied eines solchen Gewebes von dem oben beschriebenen der Pflanzen bestünde nur darin, daß die bei den Pflanzen noch vorhandenen Trennungslinien der ursprünglichen Zellmembran verschwunden und die Röhrchen, die im Pflanzengewebe nicht mit einander communiciren, sondern durch die primäre Zellmembran getrennt sind, in directen Zusammenhang getreten sind, so daß sie sich in einander öffnen.

Andere fassen die Sache anders: Sie lassen das Röhrennetz entstehen durch Auswachsen des Zellenkerns und erklären die dazwischen liegenden Bindegewebsfasern dadurch, daß der übrige Theil der Zellsubstanz, Membran und Inhalt unter Verschwinden der ersteren mit denen der benachbarten Zelle zusammengeflossen sei zur Bildung einer homogenen Grundlage, die dann faserig zerfalle. Die dritte Partei endlich erklärt die Bindegewebsfasern einfach für Zellkitt und läßt die Zellen mit sammt allem Zubehör in dieses Netz von Bindegewebskörperchen auswachsen.

Ich habe diese drei verschiedenen Ansichten über die Entstehung des Bindegewebes, von denen sich noch einige Modificationen namhaft machen ließen, nicht deshalb angeführt, um den Leser mit den Gründen für die eine oder die andere zu behelligen, oder ihm diese oder jene wahrscheinlich zu machen; ich führe sie nur deshalb an, weil auch in populären Schriften der eine von dieser, der andere von jener Ansicht ausgehend, den feinen Bau des Thierkörpers schil-

dert und ich den Leser in die Möglichkeit versetzen will, sich auch in einem Buch zurechtzufinden, das von anderer Anschauung ausgeht, als die folgende Darstellung. Ich schließe mich der letzteren der drei erwähnten Auffassungen an: ich betrachte diese charakteristischen Röhrennetze als entstanden durch das Auswachsen der Zellen selbst und rechne das Gewebe, was sie trennt, das in ihren Maschenräumen liegt, unter den Zellkitt, und zwar gerade auf Grund der Erscheinungen, wie wir sie bei den Pflanzen kennen, und auf Grund meiner Vorstellung von dem Wesen der Zelle selbst.

Die Betrachtung der niedersten Thiere und Pflanzen zeigt uns, daß die Membran, die eine Zelle umgiebt, wenn sie auch in vielen Fällen den Inhalt lang überdauert, ein verhältnißmäßig unwesentlicher Bestandtheil der Zelle ist; das Wichtigste, der Theil, der der Träger ihrer Lebensverrichtungen ist, ist jener zähflüssige, bald allein, wie bei den Wurzelfüßern, vorkommende, bald in eine Membran eingeschlossene Schleim, den die Botaniker Protoplasma, die Anatomen Sarkode nennen — jener Stoff, dessen wunderbare Eigenschaften und Fähigkeiten ich im ersten Abschnitt der vorliegenden Schrift schilderte. — Alles, was wir im Thier- und Pflanzenkörper neben ihm finden, die sogenannten Zellmembranen, und zwar die primären, secundären und tertiären, alle die Verdickungsschichten und der Zellkitt selbst, der die sogenannten Intercellulargänge füllt, sind nichts anderes als Producte der Ausscheidung dieser Sarkode, die man als den einzigen activen Bestandtheil, als das arbeitende Individuum zu betrachten hat. So lange man nun bei einem organischen Wesen diese Ausscheidungen der Sarkode optisch unterscheiden kann, ist es ganz gerechtfertigt, von Membranen und Zellkitt zu reden. Wo aber die Bindegewebszellen derartige Gütergemeinschaft treiben, daß Alles, was die Sarkode im Schweiß ihres Angesichts producirt, zusammenfließt in Eins, wo also für unser Auge auch die Möglichkeit der Unterscheidung aufhört, da bleibt es Geschmacksache, ob der eine den einen oder den andern Namen für die Bezeichnung dieses untheilbaren Ganzen wählt, ob er es verschmolzene

Membran nennt, oder ob er ihm die Benennung Zellkitt giebt. Im einen wie im andern Fall ist es doch nichts anderes als eine Ausscheidung des lebendigen Theils der Zelle selbst. Zudem giebt uns die Bezeichnung Zellausscheidung oder, was dasselbe ist, Zellkitt noch den großen Vortheil, darunter auch Bestandtheile der organischen Wesen miteinzubegreifen, für die man sonst bei gleicher Entstehungsgeschichte eine ganz besondere Benennung hätte, trotzdem, daß sie für die Zellen dieselben Rollen spielen, wie die oben angeführten Bildungen. Es ist dies unter Anderem die Flüssigkeit, in der die Blutkörperchen schwimmen.

Man könnte da einwenden, das seien nur formelle Gründe, gemacht, um die Uebersicht über den Bau der Organismen zu erleichtern, aber ich werde dem Leser in der Folge zeigen, wenn wir zur Schilderung des Blutes, kurz zu den Ernährungsflüssigkeiten kommen, daß es nicht blos eine zur Bequemlichkeit gemachte Schematisirung ist, wenn man diese Gebilde zusammenrechnet, sondern veranlaßt durch eine wirkliche Uebereinstimmung in Lage und Entstehungsgeschichte. Doch genug von dieser allgemeinen Erörterung, von der ich den Leser nur soviel im Auge zu behalten bitte: Es ist das Bindegewebe aus zwei Elementen zusammengesetzt: 1) aus Zellen, die manchmal ohne Verbindung unter einander bleiben, in der Regel aber durch mehr oder weniger zahlreiche röhrchenförmige Ausläufer mit einander zusammentreten zur Bildung eines bald eng- bald weitmaschigen Netzes, das dann für die Lebensverrichtungen des Ganzen den Werth einer außerordentlichen Canalisirung hat; und 2) aus Zellkitt, der bald flüssig, bald mehr oder weniger fest, bald homogen, bald in bestimmte Formbestandtheile zerfallen ist.

XVI.

Lage und Bedeutung des Bindegewebes.

Das Bindegewebe ist ein so wichtiger Bestandtheil des Thierkörpers, daß es Anatomen giebt, die geradezu sagen: Der Thierleib bestehe aus einem Gerüste von Bindegewebe, in dem alles Andere nur drauf und drangehängt sei. In gewissem Sinn ist dieser Ausspruch ganz gerechtfertigt. Das Bindegewebe ist für den Thierkörper oder, um bei unserem alten Vergleich stehen zu bleiben, für die Zellstaaten, die dem Thierreich angehören, das, was für eine große Stadt das Netz der Straßen, Canäle, Wasser- und Gasleitungen ist; es wäre ohne das Vorhandensein des Bindegewebes ein höher organisirter Thierkörper gar nicht denkbar. Nicht nur wäre seine ganze Ernährung unmöglich, es beruht auch die Bewegung, diese charakteristische Erscheinung des Thieres, wesentlich auf dem Vorhandensein des Bindegewebes, nicht als ob es das wäre, was die Bewegung selbst ausführt, diese Rolle kommt, um mich eines früheren Ausdrucks zu bedienen, den Binnenzellen, die hier ihrer Function zu lieb Muskelzellen genannt werden, zu, aber ohne das Bindegewebe wäre die Muskelzelle an ihrer Bewegung gehindert, sie könnte sie nicht ausführen.

Nicht nur physiologisch wichtig ist das Bindegewebe, es beschäftigt nicht weniger den Anatomen und Mikroskopiker durch die außerordentliche Mannigfaltigkeit in Bezug auf Form, Gestalt, Größe, chemische Beschaffenheit und Aggregatszustand, die es anzunehmen im Stande ist, und wenn ich noch hinzufüge, daß alle die Theile, welche der Paläontologe als fossile Reste untergegangener Generationen in den Schichten unserer Erdrinde ausgräbt, ihrer Classificirung nach zum Bindegewebe gehören, so wird der Leser gern der Betrachtung, die ich dieser merkwürdigen Vergesellschaftungsform der Zellen in den nächsten Zeilen widmen will, einige Aufmerksamkeit schenken.

Schon Eingangs habe ich gesagt, man begegne dem Bindegewebe zunächst unter der Rindenschicht, und ich will kurz eine Topographie dieses Gewebes vorausschicken, ehe ich seine mannigfaltigen Schicksale und Bestimmungen erörtere, weil darin das Verständniß nicht für den mikroskopischen Bau der Thiere, sondern für den Bau im Großen und Ganzen liegt, und weil ich damit zugleich anknüpfe an das, was ich über die Schichtung der organischen Körper gesagt habe, und zwar zunächst an den Zustand, den ich dem Leser in Figur 130 und 131 bei der Anatomie der Süßwasserpolypen vorgeführt habe. Dort habe ich gezeigt, daß der Thierkörper hohl ist mit Communicationsöffnungen, Mund und After, welche diese Höhle in Verbindung mit der Außenwelt setzen und daß die Leibeswand aus 3 Schichten besteht: in der Mitte eine Lage beweglicher Binnenzellen, nach außen und innen begrenzt durch je eine Rindenschicht — eine äußere, die ich Epidermis oder Oberhaut, und eine innere, die ich Epitel genannt.

Dieses Schema möge der Leser zum Ausgangspunkt der folgenden Betrachtung nehmen. Wie gesagt, die Bindeschicht — so nenne ich die aus Bindegewebe bestehenden Lagen des Thierkörpers — findet sich einmal unter der Rindenschicht, zwischen ihr und den Binnenzellen, die ich von jetzt an die Muskelzellen und in ihrer Gesammtheit Muskelschicht nennen will, da ich damit an einen auch dem Laien geläufigen Namen anknüpfe. Tritt sie nun auch früher unter der äußeren Rindenschicht als unter der inneren z. B. bei Korallen bildenden Polypen auf, so müssen wir doch festhalten für die Weiterentwicklung der Thierkörper zu höheren Organisationsstufen, daß sie sich unter beiden Rindenschichten findet, unter der äußeren sowohl als unter der inneren, und ein solcher Zellstaat wird dann im Querschnitt so aussehen, wie es Figur 139 darstellt. Innen der Hohlraum und die Leibeswand, zusammengesetzt aus 5 Schichten: einer äußeren und inneren Rindenschicht (a und b), einer äußeren und inneren Bindeschicht (c, d) und in der Mitte einer Lage Binnen- oder Muskelzellen (m).

Dieser Zustand eines Zellstaates, bei dem also die Leibeswand

der Dicke nach aus lauter zusammenhängenden Zellen ohne jeglichen Zwischenraum besteht, ist jedoch dauernd ein sehr seltener; bei der weitaus größten Mehrzahl der höheren Thiere tritt, wenn auch nicht

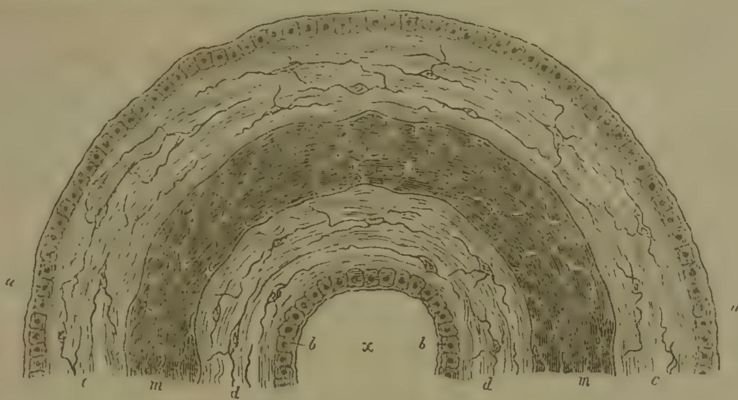


Fig. 139.

durch die ganze Länge des Leibes, eine neue Sonderung auf und zwar inmitten der Muskelschicht auf Grund von Ursachen, die ganz die gleichen sind, wie die, warum der Hohlraum im Centrum des Thierkörpers entstanden.

Ich habe dem Leser oben gezeigt, daß, so lange ein Zellstaat compact ist und blos durch die äußere Oberfläche seine Nahrung erhält, für die im Centrum gelegenen Zellen die Nothwendigkeit sich ergiebt, entweder zu verhungern oder Platz zu machen, indem sie durch Auseinandertreten einen Hohlraum schaffen, behufs Communication des Ernährungsmaterials. Nun blicke der Leser auf die obige Figur, wo der Thierkörper in seinem Innern bereits einen solchen Hohlraum besitzt. Da gelten für die Zellen, welche inmitten der Muskelschicht liegen, ganz dieselben Ernährungsverhältnisse, wie für die Zellen des Centrums, so lange der Thierkörper noch nicht hohl war. Es besteht eine ernährende Fläche außen, eine ernährende Fläche innen und in der Mitte zwischen beiden, also im Mittelpunkt der Muskelschicht, da muß bei zunehmender Anhäufung der Zellen auf dem Querschnitt der Zustand eintreten, der die Zellen entweder um's Leben bringt, oder sie zwingt, gerade, wo die Ernährung am schwierigsten zu werden beginnt, einen Hohlraum zu schaffen.

Da die Zellen eines Thierkörpers Beweglichkeit genug besitzen, um das Letztere zu thun, so geschieht es auch und so tritt in der Mitte der Muskelschicht eine ringförmige Spalte auf, durch die sie in zwei Theile getrennt wird, einen äußern und einen innern. Und was ist die Folge für die ganze Leibeswand? Sie zerfällt in



Fig. 140.

zwei unter sich gleiche Schläuche, wie es Figur 140 im Querschnitt und Figur 141 im Längenschnitt darstellt.

Obwohl dieses Verhältniß im Bau des Thierkörpers nicht mehr in den Bereich mikroskopischer Forschung fällt, da es mit bloßem Auge bei einer Menge von Thieren ersichtlich ist, so will ich doch diesen Zustand genau beschreiben, weil er den Schlüssel für die ganze Anatomie bildet, freilich ohne mich auf Complicationen, denen der die beiden Schläuche trennende Hohlraum — das sogenannte Perigastrium — bei den Wirbelthieren unterworfen ist, näher einzulassen, das gehört nicht mehr unter die Kategorie der Wunder der unsichtbaren Welt.

Ehe ich jedoch den Leser einlade, die beiden Figuren 140 und 141 mit mir zu betrachten, muß ich zur Orientirung Einiges vor=

ausschicken. Das erwähnte Perigastrium ist, wie ich später zeigen werde, eine Schicht aus Bindegewebe; im weiteren Sinne des Wortes haben wir also jetzt im Thierleib dreierlei Bindeschichten. Diese finden wir nicht bei allen Thieren gleichzeitig und in gleicher Entwicklung. So besitzen die Polypen, wie schon erwähnt, nur die eine unter der Epidermis gelegene. Die niedersten Würmer und die meisten Insecten zeigen nur die mittlere, das Perigastrium, in vollendeter Entwicklung, die beiden andern sind nur durch eine zarte Lage von Zellkitt zwischen Rinde und Muskel angedeutet. Bei den Mollusken und Knochen tragenden Thieren sind alle drei Bindeschichten vorhanden.



Fig. 141.

Die Figuren 140 und 141 haben den Zweck, dem Leser die Anordnung des Perigastriums und das Zustandekommen des Darmcanals zu versinnlichen, sind dem Typus der Würmer entnommen, wo die zwei unter Epidermis und Epitel liegenden Bindeschichten fehlen.

Auf dem Querschnitt, Figur 140, stellt x den innern im Centrum gelegenen Hohlraum, die Darmhöhle, vor. Die auf dem Querschnitt in der früheren Figur 139 dargestellte einheitliche Leibeswand ist durch den ringförmigen mit p bezeichneten Spalt, in den bei o das Blutgefäßsystem, bei w das nach außen mündende Wassergefäß und bei n der Querschnitt des zweigetheilten Nervenstranges eingezeichnet sind, in zwei Theile zerfallen, deren jeder aus zwei Schichten besteht, die unter sich übereinstimmen, aber im Verhältniß zum Centrum des Thieres eine umgekehrte Lage besitzen, während sie im Verhältniß zu dem ringförmigen Hohlraum p, den ich Perigastrium nenne, in gleicher Lage

sich befinden. Nehmen wir diesen letzteren als Mittelpunkt, so liegt nach außen von ihm eine Muskelschicht M, nach innen eine Muskelschicht m; den Schluß machen nach außen sowohl wie nach innen die Rindenschichten, a die Epidermis, b das Epitel. Wollte man das Schema eines Molluskenleibes entwerfen, so würde sich dann zwischen Epitel und Darmmuskelschicht einerseits und zwischen Epidermis und Hautmuskelschicht andrerseits je eine Bindeschicht einfügen.

Die Leibeswand ist also zerfallen in zwei Schichtengruppen, jede bestehend aus zwei resp. drei untereinander gleichen Schichten. Betrachten wir den schematischen Längenschnitt eines solchen Wesens bei Figur 141, so sehen wir, daß an den beiden Oeffnungen der Darmhöhle x, durch die sie mit der Außenwelt communicirt (os Mundöffnung, oa die Afteröffnung), die entsprechenden Schichten der zwei Schichtengruppen miteinander communiciren; das Epitel b geht über in die Epidermis a, die Muskelschicht m in die Muskelschicht M, und in gleicher Weise verbinden sich, wo sie vorhanden, die beiden Bindeschichten.

Es wird nun nicht viel Phantasie von Seite des Lesers dazu gehören, um zu errathen, was diese zwei Schichtengruppen sind; die innere ist der Darm und die äußere das, was wir gemeinhin unter Leibeswand verstehen. Von der Anatomie des Menschen her, die auch heute noch das Vorbild für die Betrachtung der Anatomie aller Thiere abgiebt, ist man gewöhnt, den Darm als Eingeweide in ein untergeordnetes Verhältniß zu der Leibeswand zu setzen. Wohl hat man längst erkannt, daß der Darm aus den gleichen Schichten besteht, wie die Leibeswand im engern Sinn, aber das ungeheure Massenübergewicht, das die Leibeswand bei den höheren Thieren, namentlich den mit einem Skelett versehenen, über den schmächtigen Darm erlangt und das ungleiche Längenwachsthum beider, wobei der Darm gezwungen wird, in der von der Leibeswand gebildeten Höhlung sich knäuelförmig aufzuwickeln, hat die ursprüngliche Aehnlichkeit zwischen beiden so sehr verwischt, daß man die Uebereinstimmung gänzlich

verkannte, sie wird erst klar, wenn man den Querschnitt eines Wurmes betrachtet, dem die obige Figur 140 schematisch nachgebildet ist.

Ueberblickt der Leser die verschiedenen Querschnittdarstellungen, wie sie in den Figuren 130, 139 und 140 gegeben wurden, so wird ihm eins klar in die Augen springen: wie die Zelle selbst ein concentrisch geschichteter Körper ist, so beherrscht auch den Zellstaat das Gesetz der concentrischen Schichtung in äußerst regelmäßiger Weise und zwar den Thierleib so gut wie den Pflanzenleib. Freilich im ersteren wird sie oft so sehr verwischt, daß man sie leicht übersieht: eine natürliche Folge davon, daß die thierische Zelle durch ihre Beweglichkeit befähigt ist, der starren Fixirung in Reih und Glied immer wieder zu entweichen und so locale Gleichgewichtsstörungen zu setzen. Wem es aber schwer wird, in einer Summe differenter Dinge das sie trotz der Verschiedenheit beherrschende einheitliche Gesetz zu erkennen, der nehme seine Zuflucht zur Entwicklungsgeschichte: in den Jugendzuständen der Organismen tritt das Gesetz der concentrischen Schichtung um so reiner zu Tage, je weiter man zurückgreift.

XVII.

Freiheit und Association der Zellen.

Was ist die Stellung des Bindegewebes im Zellenstaat? Um unserem Vergleich mit dem Menschenstaat treu zu bleiben: der tiers-état, der Stand, der in der Mitte steht zwischen dem Urproducenten und dem Consumenten. Die Zellen des Bindegewebes haben die Aufgabe, das Nahrungsmaterial, das die Zellen der Rinde im Schweiß ihres Angesichtes aus der Luft, Wasser und Erde gewinnen, oder aus der Darmhöhle aufsaugen, zu verarbeiten, für die speciellen Bedürfnisse der consumirenden Zellen, die im Thierkörper

vorzugsweise die Muskel- und Drüsenzellen sind, zuzubereiten und weiter zu spediren; sie besorgen Handel und Wandel im Thierstaat, sie sind die Gevatter Schuster, Schneider und Handschuhmacher, die fleißigen Handwerker, die in alle Verhältnisse regulirend, vermittelnd eingreifen, und deswegen ist es nicht zu verwundern, wenn wir an ihnen die mannigfaltigsten Arbeitstheilungen, den größten Formenreichthum, die größte chemische und physicalische Verschiedenheit finden. Doch fassen wir die Sache anders, fassen wir sie nicht teleologisch, sondern genetisch; wie kommt das Bindegewebe zu Stande?

Ich ersuche den Leser, mir zu dem Zustand zu folgen, den ich auf dem Querschnitt in Figur 140 dargestellt habe. Wir haben dort gesehen, daß die centralgelegene Bindeschicht, die ich mit dem Namen Perigastrium belegt habe, durch Auseinanderweichen der Zellen zu Stande kommt, und zwar in Folge der daselbst herrschenden Ernährungsverhältnisse. Die freie Beweglichkeit der thierischen Zelle ist Schuld, daß bei diesem Auseinanderweichen eine Partie Zellen sich loslösen kann, um in der den Hohlraum füllenden Flüssigkeit, die ein gemeinschaftliches Product der angrenzenden Zellen ist, zu einer Art von selbständigem Leben zurückzukehren. Selbständig ist dieses Leben in so fern: Die Zelle, die dort sich umhertreibt, schwimmt so unabhängig, als der Fisch im Wasser, in der Flüssigkeit, die für sie so gut Lebenselement ist, als für eine gänzlich einzeln lebende Zelle beispielsweise ein Wassertümpel; sie hat sich den Mischungsverhältnissen dieser Flüssigkeit anbequemt, wird nicht gedrückt und gedrängt von Nachbarn, und wenn sie auch nicht im Stande ist, in einer andern Flüssigkeit als in der, die diesen Raum erfüllt, zu leben, so ist sie doch innerhalb dieses Raumes selbständig. Wir haben bei den Insecten die schönste Gelegenheit, das Leben dieser Zellen zu studiren. Doch, ich muß mich vorher mit der herrschenden Benennungsweise in Einklang setzen, damit der Leser, der schon da und dort in Werken sich nach den anatomischen Verhältnissen der Organismen umgesehen hat, sich zurechtfindet. Die Anatomen nennen bei den Thieren, trotzdem daß hier noch nichts von dem später zu be-

sprechenden Gefäßsystem zu sehen ist, die Flüssigkeit, die in dem Perigastrium auf- und abwogt in Folge der Bewegung des Hautmuskelschlauchs und des Darmschlauchs, Blut, und die Zellen, die ich hier im Auge habe, findet derselbe in den Handbüchern über mikroskopische Anatomie unter der Bezeichnung: Blutkörperchen der wirbellosen Thiere. Der Leser, dem meine frühere Schilderung von den Amöben noch gegenwärtig ist, wird dort schon diese Blutkörperchen erwähnt finden. Ich habe damals von ihnen gesagt, daß sie interessant seien durch die selbständigen Bewegungen, die sie besitzen, und durch ihre große Aehnlichkeit mit jenen mikroskopischen Wesen, die wir Amöben nennen. Sie besitzen die Fähigkeit, feine Fäden aus sich hervorzutreiben, dieselben wieder einzuziehen, kurz Bewegungserscheinungen, wie wir sie eben nur an so selbständig lebenden Zellen, wie es die Amöben sind, zu sehen bekommen. Diese Uebereinstimmung war uns früher ein Beweis dafür, daß der Unterschied zwischen der Zelle eines vielzelligen Organismus und einer frei lebenden Zelle kein so bedeutender ist; für unsere jetzige Betrachtung ist diese Aehnlichkeit zwischen den freilebenden Amöben und den in der Flüssigkeit des Perigastriums schwimmenden Blutzellen der wirbellosen Thiere ein Beweis für den früher aufgestellten Satz: daß die Schicksale der Zellen eines vielzelligen Organismus ganz und gar abhängig von ihren Ernährungsverhältnissen sind. Wird eine Zelle aus der Zwangstellung, die sie in Reih und Glied mit andern einnimmt, befreit und ihrer ungehinderten Entwicklung anheimgegeben, so nimmt sie sogleich in Form und Verrichtung den Charakter an, den eine freilebende Zelle besitzt. Wenn wir von diesem Gesetz aus zum Verständniß des Bindegewebes kommen wollen, so müssen wir uns die Bewegungserscheinungen solcher freilebenden Zellen, wie wir sie bei den Amöben, den Gitterthierchen und Wurzelfüßern gesehen haben, vergegenwärtigen. Wir haben dort gesehen — und ich ersuche den Leser, die in Figur 58 gegebene Darstellung einer Amöbe und bei Fig. 55 die Form eines Wurzelfüßers nachzusehen — daß solche freilebende Zellen, wenn sie nicht durch Bil-

dung starrer Membranen ihre Bewegungsfähigkeit eingebüßt haben, jenes Auswachsen in verschiedene Strahlen zeigen, das man mit dem Ausdruck Pseudopodienbildung belegt. Denken wir uns nun, daß diese Pseudopodienbildung ein bleibender Zustand wird, daß eine Periode eintritt, wo eine solche Zelle ihre Ausläufer nicht mehr einzieht, wie es die Wurzelfüßer nach Belieben thun können, und denken uns weiter, daß diese Ausläufer benachbarter Zellen einander berühren und mit einander verschmelzen — was haben wir da? Doch gewiß eine Anordnung, wie sie die Zellen des Bindegewebes zeigen und wie ich das in den Figuren 15, 16, 17 und 137 darstellte. Es wird ein Netzwerk von Zellen entstehen, die durch Ausläufer mit einander communiciren.

Nehmen wir jetzt diesen Zustand, wo eine Zelle der andern die Hand gereicht hat, zum Ausgangspunkt unserer weiteren Betrachtung, so begreifen wir unschwer, daß eine solche Association allerdings die einzelne Zelle eines gewissen Theils ihrer Selbständigkeit beraubt, sie ist jetzt in der That nur der Theil eines Ganzen, allein diese Solidarität hat ihr die Fähigkeit gegeben, auch noch unter Verhältnissen zu existiren, wo eine andere Zelle, die ganz auf sich allein angewiesen ist, nicht mehr existiren kann. Die Sache macht auf mich immer den Eindruck, wie die bekannte Erscheinung in einem Bienenstock, wo die Bienen sich gegenseitig die Hände reichen und sich so in der Luft schwebend erhalten, was ja keiner Biene für sich allein möglich wäre. Wie da die Nahrung und Alles, was zum Handel und Wandel der Bienen gehört, von Hand zu Hand geht, so geht bei solchen mit einander verbundenen Zellen die Nahrung von Hand zu Hand. Umfangreiche Zellconglomerate bilden sich so, ohne daß jetzt wieder jene fatale Situation eintritt, die früher zum Hohlwerden oder Absterben geführt hat. Es wird unter solchen Umständen nur die eine Veränderung in den Zellen stattfinden: ein Theil derselben wird so sehr zum Packträger, so ausschließlich mit dem Weiterspediren der Nahrung beschäftigt, daß ihm für sich selbst, für eigene Bewegung und Fortpflanzung keine Zeit und Kraft mehr übrig bleibt.

Solche Zellnetze begeben sich also schließlich so weit ihrer Selbständigkeit, daß sie nur passive Vermittler der Communication der Ernährungsstoffe werden. So gleichgültig es für den Straßenverkehr ist, ob die Straße durch Felsen gesprengt oder durch Moräste geführt ist, so unberührt sind diese Zellnetze von der Beschaffenheit des sie umgebenden Zellkitts, mag dieser, der von Haus aus eine Flüssigkeit ist, in der sich die Zellen frei bewegten, nachher erstarren, durch Aufnahme von unorganischen Elementen alle möglichen Härtegrade erreichen, das alterirt die Zelle selbst nicht mehr viel, weder in ihrer Form noch in ihrer Function. Sie hängt nicht mehr ab von den Stoffen, die ihr der Zellkitt als Nahrung zuführen kann; sie bezieht sie direct vermittelst ihrer Ausläufer aus der Nachbarschaft, und darin besteht der Gewinn, für den sie ihre Freiheit geopfert hat — gerade wie im menschlichen Leben der Staatsdiener, der sich jenem Netz von Organen einverleibt, die zusammen die Regierungsgewalt bilden, seine Freiheit dahingegeben und dafür eine ruhige und sichere Existenz eingetauscht hat! Und sonderbar, man wird da wirklich verführt, den Vergleich weiter zu spinnen: auch der Lebensgang der Bindegewebszellen hat eine unverkennbare Aehnlichkeit mit dem Lebenslauf eines Staatsbeamten. Gerade wie die Zellen des Bindegewebes in ihrem schönsten Jünglingsalter einer freien ungehinderten Bewegung inmitten des flüssigen Zellkitts genießen, dort frei ihre Hörner ausstrecken können, so ist auch dem Staatsdiener in seiner Studentenzeit eine Periode freiesten individuellen Spielraums gegönnt; bis er in das Stadium kommt, wo seine nach den verschiedensten Richtungen entwickelten Fähigkeiten den Anschluß finden an die entsprechenden Bestrebungen seiner Nachbarn. Hat er sich aber einmal mit ihnen verbunden, dann ist der individuellen Freiheit eine Schranke gesetzt durch Gesetz und Ordnung, ohne die keine Association bestehen kann.

XVIII.
Die Bildung der Systeme.

Die Bildung der Systeme ist ein ausschließliches Vorrecht des Thierreichs und die Grundlage derselben ist das Bindegewebe. Die Anatomen unterscheiden dreierlei, resp. viererlei Systeme: das Blutgefäßsystem, das Lymphgefäßsystem, das Nervensystem und das Knochensystem. Wenn man die Verhältnisse dieser Systeme unter einander vergleicht, so ist eine gewisse Aehnlichkeit nicht zu verkennen, aber andererseits besteht eine große Differenz zwischen dem Knochensystem und den drei übrigen. Darin stimmen sie alle vier überein, daß das Bindegewebe der Ausgangspunkt für sie ist, oder um mich anders auszudrücken, daß alle nur ebenso viele Modificationen des Bindegewebes sind.

Allein einmal müssen wir als Unterschied das hervorheben, daß das Knochensystem nur bei einer verhältnißmäßig beschränkten Anzahl von Thieren vorkommt, während die drei andern Systeme längst in ziemlich gleichmäßiger Entwicklung eine Reihe von Thierklassen beherrschen. Die Differenz besteht darin, daß das Knochensystem in seiner Lage einzig dasteht, daß ihm nur das Nervensystem, und zwar nur ein Theil desselben, in seiner Lage folgt, während zwischen den anderen Systemen ein durchaus paralleler Entwicklungsgang und ähnliche Lage vorhanden ist. Doch der Leser wird diese Behauptungen erst zu würdigen verstehen, wenn ich ihm das System nach Zustandekommen und Lage geschildert habe. Ich wollte sie nur im Voraus anführen, um es zu rechtfertigen, wenn ich zunächst das Knochensystem unberücksichtigt lasse und ihm auf Grund der Verschiedenheit eine eigene Behandlung zuwende.

Ehe ich jedoch in meiner Schilderung voranschreite, muß ich etwas über den Gebrauch des Wortes System sagen. Dem Leser wird

nicht entgangen sein, daß ich unter den oben angeführten Systemen das Muskelsystem nicht genannt habe, während man in allen Büchern und von allen Kathedern es als System proclamirt. Die Muskeln eines Thierkörpers bilden aber kein System in dem Sinn, in dem doch dieses Wort allein gebraucht werden sollte. Man hat wohl zu unterscheiden zwischen Association und System. Die erste wird gebildet durch das Zusammentreten einer Anzahl von Individuen mit durchaus gleichen Rechten und Pflichten, das Verhältniß, in dem sie zu einander stehen, ist das der Coordination. Kommt aber eine Vereinigung von Einheiten zu Stande, bei dem ein Theil zu dem andern in das Verhältniß der Subordination tritt, dann wenden wir das Wort System an. Passen wir diese Definitionen den Zellgemeinschaften an, die wir in einem höher organisirten Thierkörper finden, so klappt die Bezeichnung System nur bei Nerven-, Blut-, Lymph- und Knochensystem, wo wir Centraltheile haben, denen andere untergeordnet sind. Bei den Muskeln ist dies nirgends der Fall, hier ist überall reine Coordination, nur dem Nervensystem gegenüber findet eine Unterordnung der Muskeln statt, nie aber eine Unterordnung eines Theiles der Muskeln gegenüber andern, deshalb schließe ich die Muskeln hier aus.

Zum Verständniß der Systeme ist es vor Allem nothwendig, sich die Lage der Bindeschichten zu vergegenwärtigen, wie ich sie in früheren Abschnitten geschildert habe, und ich muß mir deshalb zuerst eine kleine Recapitulation erlauben. Wir haben gesehen, daß der Thierleib, wenn er den höchsten Grad seiner concentrischen Schichtung erlangt hat, in zwei sogenannte Schichtengruppen zerfallen ist, nämlich den Darm und den Hautmuskelschlauch. Jede dieser Gruppen besteht aus einer Muskelschicht, die den sie trennenden ringförmigen Hohlraum, das Perigastrium, begrenzt: einer Rindenschicht, Epidermis oder Epitel, von denen die erstere an die Außenwelt, die innere an die Darmhöhle grenzt, und dazwischen je einer Bindeschicht, der wir nun auch, um uns für die Folge eine kurze Benennungsweise zu verschaffen, einen eigenen Namen geben wollen. Die Bindeschicht

des Hautmuskelschlauchs nennt man Lederhaut, weil sie es ist, aus der das Leder gemacht wird. Ihr entspricht als Bindeschicht des Darmcanals die sogenannte Sammthaut. Zu diesen zwei einander correspondirenden Bindeschichten, deren eine dem Hautmuskelschlauch, deren andere dem Darm angehört, verhält sich die dritte Bindeschicht, nämlich das Darm und Hautmuskelschlauch trennende Perigastrium, als Centrum.

Diese drei Bindeschichten, die also in so fern systematisch geordnet sind, als zwei einander gleiche ein drittes über sich Stehendes anerkennen müssen, treten dadurch mit einander in Verbindung, daß die Muskelschichten, welche zwischen ihnen liegen, nach verschiedenen Richtungen Unterbrechungen erfahren, so daß Lederhaut und Sammthaut, die erstere durch Spalten in der Muskelschicht des Hautmuskelschlauchs, die letztere durch Spalten in der Muskelschicht des Darms mit dem Perigastrium in Communication treten. Wer dieses Verhältniß festhält, der hat den Schlüssel zum Verständniß der Systeme, wobei er aber zunächst absehen muß von den Wirbelthieren (Fischen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren), da bei diesen ein neues Moment dazukommt, welches ich dann besprechen will, wenn wir von dem Knochensystem reden. Betrachten wir nämlich bei den knochenlosen Thieren die drei oben erwähnten Systeme, Gefäß-, Nerven- und Lymphsystem, so erkennen wir, daß jedes System ein Centrum und zwei peripherische Ausbreitungen besitzt. Das Centrum liegt im Perigastrium, also in der mittleren Bindeschicht, die Darm und Leibeswand trennt, und die eine peripherische Ausbreitung liegt in der Lederhaut, die andere in der Sammthaut des Darmes. Die Communication zwischen Centrum und diesen beiden peripherischen Ausbreitungen geschieht durch die Spalten der beiden Muskelschichten. Natürlich muß ich dabei den Leser bitten, von den mannigfachen Organen, die wir Drüsen nennen, abzusehen, denn wie sich die in den allgemeinen Plan einfügen, werden wir später sehen.

XIX.
Das System der Ernährungsflüssigkeiten.

Es ist eine allgemeine Regel, daß der sicherste Weg zum Verständniß einer Sache der ist, wenn man von den einfacheren Zuständen beginnt und entwicklungsmäßig vorschreitet zu den zusammengesetzteren. Die Natur kommt uns hierbei selbst zu Hülfe, auch sie geht diesen Weg Tag für Tag bei Bildung jedes einzelnen Thieres und ist ihn gegangen in jenem großartigen Entwicklungsgang, der im Laufe von Aeonen eine Generation um die andere in stetigem Fortschritt höhere Organisationsstufen erreichen ließ, als die waren, auf denen die Ahnen stehen geblieben sind.

Wollen wir jenes beim Menschen so vielfach durchschlungene Canalnetz aus Blut- und Lymphgefäßen verstehen, so dürfen wir nur in der Stufenleiter der Organisationen einige Sprossen herabsteigen und uns die Verhältnisse besehen, wo nur einerlei Ernährungsflüssigkeit die Lücken der Gewebe erfüllt, wo wir nichts vor uns haben, als jenen schon beschriebenen ringförmigen Spalt des Perigastriums, in dem eine zellenführende Flüssigkeit wogt und durch die mannigfachen Lücken zwischen den einzelnen Partien der Muskelschicht dringt, um so alle Zellen des ganzen Staates zu umspülen — ein Zustand, den wir im Früheren als die Bildung einer flüssigbleibenden Bindeschicht geschildert haben. Nehmen wir hierzu die Zellnetze, welche ich als zweite Modification der Bindeschichten beschrieben und die sich vorzugsweise in Lederhaut und Sammthaut finden, so haben wir die Elemente, aus denen sich jene complicirte Canalisirung entwickelt.

Daß dieses wirklich dem Entwicklungsgang, den die Natur einschlägt, entspricht, sehen wir am besten, wenn wir die Bildung des Blutgefäßsystems bei jungen Thieren beobachten. Man sieht diesen

Proceß sehr schön unter dem Mikroskop beim Hühnchen. Anfänglich liegen alle Zellen dicht gedrängt, allmälig rücken sie immer weiter von einander, endlich zeigen sich kleine Schwankungen, bis schließlich die ganze Zellmasse flott wird und dem Impuls des sich mittlerweile gebildeten Centrums des Ganzen, des Herzschlauchs, folgt, um durch die Canäle zu fließen, die sich durch ihr eigenes Flottwerden gebildet haben.

Dies ist also der Vorgang, der zur Bildung des Blutgefäßsystems führt, und da wir später sehen werden, daß das Lymphgefäßsystem eigentlich nur eine Spaltung eines ursprünglich einheitlichen Systems in zwei, in Blutgefäß- und Lymphsystem ist, so verdankt auch das letztere dieser Modalität der Bindegewebsbildung seinen Ursprung. (Ueber Verhältniß von Blut- und Lymphgefäßen siehe später.)

Allein damit haben wir weder vom Lymph- noch vom Blutgefäßsystem Alles. Was von diesen beiden Systemen so entsteht, ist das Centrum derselben und dessen Ausstrahlung zu den peripherischen Ausbreitungen. Die letzteren verdanken ihre Entstehung der zweiten Modalität des Bindegewebes, bei welcher die Zellen durch zarte Ausläufer mit einander zusammengetreten sind zur Bildung eines Zellnetzes.

Ich habe oben schon bei der Bildung des Bindegewebes gesagt, daß diese Zellnetze durch Verflüssigung ihres Inhaltes ein röhrenförmiges Canalnetz darstellen. Dieser Vorgang trifft vorzugsweise jene zwei peripherischen Bindeschichten, die wir als Lederhaut und Sammthaut erkannt haben. Die höchste Ausbildung des Systems der Ernährungsflüssigkeiten (damit fasse ich Blut- und Lymphgefäßsystem, die, wie wir später sehen werden, ursprünglich eines sind, zusammen) besteht nun darin, daß diese Zellnetze sich in die Enden des durch den früher geschilderten Proceß entstandenen Flüssigkeitssystems öffnen, um mit ihm in directe Communication zu treten.

Das Schicksal, welches diese Zellnetze erleiden, ist ein doppeltes, und diese doppelte Stellung entspricht der Theilung des Systems in Blut- und Lymphgefäßsystem. Der Theil der Zellnetze, der sich mit dem erstern in Verbindung setzt, erfährt eine gleichmäßige Aus-

weitung der ursprünglich zarten Ausläufer, durch die die einzelnen Zellen mit einander in Verbindung stehen; immer mehr verwischt sich der Unterschied zwischen Zelle und Ausläufer, und das Ende des ganzen Processes besteht darin, daß das Canalnetz überall gleich weit wird und durchgängig für die unter dem Namen Blut bekannte Ernährungsflüssigkeit, die aus flüssigem Zellkitt und kleinen Zellen, den sogenannten Blutkörperchen, besteht. Die Anatomen nennen dieses Röhrennetz, das gewissermaßen den Abschluß des Blutgefäßsystems bildet, das Haar- oder Capillargefäßnetz. Von Haus aus haben wir zwei solcher Capillargefäßnetzausbreitungen, eine in der Lederhaut der Leibeswand, die andere in der Sammthaut des Darmes. In der Folge aber treten auch innerhalb der Muskelschicht solche Capillargefäßnetze da auf, wo das Bindegewebe die Muskelschicht auseinandergedrängt, durchsetzt hat, ohne aber jemals die dichte und reiche Entwicklung zu finden, wie in Leder- und Sammthaut.

Nicht alle Zellnetze erfahren jedoch eine solche Ausweitung; ein Theil derselben behauptet seinen ursprünglichen Zustand, wobei nur äußerst feine Röhrchen die einzelnen Zellen verbinden, so fein, daß kein Blutkörperchen dieselben passiren kann. Für dieses Zellnetz besteht heute noch eine kleine Schwierigkeit, resp. eine Controverse, die ich in Kurzem berühren will.

Ein Theil der Mikroskopiker führt Beobachtungen für sich an, wonach das Röhrensystem dieser Zellnetze mit dem Lymphgefäßsystem in offener Verbindung steht, so wie ich dies in Figur 25 der ersten Lieferung auf Seite 24 abgebildet habe. In Folge einer eigenthümlichen Construction der Lymphgefäße, wovon ich später reden will, ist es jedoch noch nicht gelungen, diese Vermuthung zur vollen Gewißheit zu erheben. Dieses kann ja nur dadurch geschehen, daß es uns gelingt, von den Lymphgefäßen aus jene feinen Zellnetze mit einer Flüssigkeit künstlich auszuspritzen, und zwar einer Flüssigkeit, die selbst in so dünner Schicht, wie es der Durchmesser eines solchen Röhrchens ist, noch unter dem Mikroskop sich wahrnehmen läßt. Das ist jedoch bis heute noch nicht gelungen.

Es ist übrigens zu vermuthen, daß diese Zellnetze nicht nur mit den Enden der Lymphgefäße, so wie es die angeführte Figur darstellt, im Zusammenhang stehen, sondern auch mit den blutführenden Capillargefäßen. Es läßt sich nicht gut denken, warum die zuletzt erwähnten nicht ausgeweiteten Zellnetze, die überall dicht durchflochten sind mit den ausgeweiteten Capillargefäßnetzen, gar nirgends in Zusammenhang mit den letzteren getreten sein sollten, da sie sich doch seiner Zeit auf ganz gleicher Entwicklungsstufe befanden. Aber was ich oben von den Lymphgefäßen sagte, gilt auch hier: der directe Beweis für den Zusammenhang ist noch nicht geliefert und so lange das noch nicht geschehen, kann man es keinem Anatomen verwehren, wenn er ihn leugnet. Doch will ich dies nicht aussprechen, ohne hinzuzufügen, daß bessere Untersuchungsmethoden, geeignet auch die feinsten Verbindungen der Zellen zu entziffern, fortwährend auftauchen. Es bestehen dieselben darin, daß man die thierischen Gewebe mit chemischen Mitteln behandelt, welche die Zellen selbst erhärten und conserviren, während sie den Zellkitt auflösen, oder die Zellen färben, während sie dem Zellkitt gar keine oder wenigstens eine viel geringere Färbung mittheilen. Seit man bei der mikroskopischen Forschung diesen Weg betreten, findet man immer neue derartige chemische Substanzen, die selbst da noch Dienste thun, wo andere sie versagen. So schreitet die Wissenschaft wohl langsam, aber sicher fort, und wer sollte da noch dem trostlosen Wahn anhängen: die Wege der Natur seien nur zum Theil erforschbar?

XX.
Blutgefäßsystem.

Eines der interessantesten Capitel der vergleichenden Anatomie ist's, das sich mit dem Zusammenhang der verschiedenen Theile des Systems der Ernährungsflüssigkeiten beschäftigt. Eine vergleichende Uebersicht über alle die Verhältnisse, unter denen die Ernährungsflüssigkeit den Körper einmal hohl gewordener Thiere durchzieht, ist, wie nicht leicht eine andere, geeignet uns den entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang der Hauptgruppen, in die das Thierreich zerfällt, zu offenbaren. Doch ich will zuerst die Hauptstadien dieses Entwicklungsganges an bestimmten Fällen schildern, ehe ich einige Reflexionen daran knüpfe.

Im vorigen Abschnitt haben wir das einfachste Verhältniß beschrieben, unter dem die Ernährungsflüssigkeit in einem Thierkörper auftritt: Ein ringförmiger Spalt, das Perigastrium genannt, trennt die um eine Darmhöhle gelagerten Zellschichten in zwei Schichtengruppen, den Darmschlauch und den Hautmuskelschlauch, und füllt sich mit freien Zellen, die theils mit selbständiger Bewegung begabt, theils durch die Bewegungen von Darm- und Leibeswand getrieben, in einem flüssigen Zwischenzellstoff, der den Hohlraum erfüllt, sich tummeln. So sehen wir es bei den Bryozoen oder Mooskorallen: kleine, mit bloßem Auge eben noch wahrnehmbare Geschöpfe, die, in Kalk- oder Hornmäntel gehüllt, Colonien bilden, nach den mannigfaltigsten Gesetzen zusammengruppirt, und entsprossen dem Umstand, daß hier ein Thier aus dem andern hervorkommt. Fig. 142 zeigt bei A vier Zellen der flächenhaft ausgebreiteten Gattung Lepralia, während bei derselben Figur B ein Stämmchen der Mooskoralle Cellularia ciliata wiedergiebt, mit ihren sonderbaren vogel-

kopfähnlichen seitlichen Auswüchsen, deren einer bei C in stärkerer Vergrößerung dargestellt ist.

Figur 143 zeigt uns den ganzen Bau einer solchen Mooskoralle (Laguncula repens). Die Leibeswand bildet einen weiten Sack, der mittelst eines Stieles am gemeinschaftlichen Stämmchen haftet. Die Muskeln haben den Charakter einer gleichmäßigen unter der Haut liegenden Schicht verloren, weil die Bildung einer starren Cuticula ihr in dieser Form keine Function mehr gestatten würde. Es ist von ihr nur ein langer, starker Muskel übrig geblieben (m), der an dem mit Fangarmen besetzten freien Mundende des Thieres beginnt und durch seine Zusammenziehung dieses letztere in den Leibesraum einstülpen kann. Vom Munde hängt ein knieförmig zusammengebogener Darmcanal, wie der Schwengel in der Glocke, in das Perigastrium hinab. Zwischen den Fangarmen (a) befindet sich die Mundöffnung und unterhalb dieser bei o mündet seitlich am Leibe der After aus. All der Hohlraum, der Leibeswand und Darmschlauch trennt, ist von der zellenhaltigen Ernährungsflüssigkeit gefüllt.



Fig. 142.

Dieser einfachste Zustand erfährt in zweierlei Weise eine Fortbildung zu verwickelteren Verhältnissen. Einmal ist's die so häufig vorkommende Auflösung der Muskelschicht der Leibeswand in einzelne Bündel, die das Perigastrium nach verschiedenen Richtungen

durchkreuzen. Freilich wesentlich Neues wird durch diesen Umstand nicht geschaffen, wohl aber eine Complicirung der Räumlichkeiten des Perigastriums selbst; anders aber und entscheidend wirkt ein anderer Umstand, der mit den Schicksalen der Zellen der Ernährungsflüssigkeit selbst zusammenhängt.



Fig. 143.

Wir müssen uns denken, daß diesen freischwimmenden Zellen, wie ich schon früher anführte, ein weit höherer Grad von Selbständigkeit inne wohnt, als den Zellen von Leibeswand und Darm. Sie sind wieder zwischen die zwei Alternativen gestellt: entweder ihr freies Leben zu behaupten, oder zurückzukehren zum Verhältniß der Abhängigkeit, zum geselligen Leben. Beide Wege werden betreten, ein Theil bleibt frei, der andere gruppirt sich da und dort mit seines Gleichen zusammen und so entsteht eine Reihe von mehr oder weniger selbständigen Körpern, die dann bald mit dem Hautmuskelschlauch, bald mit dem Darmschlauch sich in nähere Verbindung setzen, bald, und dies ist bei dem, was wir jetzt besprechen wollen, der Fall, eine Mittelrolle zwischen jenen beiden Schläuchen zu übernehmen berufen sind.

Denke sich der Leser einen Haufen solcher Zellen zusammentretend zu einem Klumpen, rings umspült von Ernährungsflüssigkeit. Was wird dort eintreten, sobald die Zusammenhäufung einen höheren Grad erreicht? — für die innersten Individuen des Haufens dieselben Schwierigkeiten der Ernährung, wie wir sie früher beschrieben haben, als wir die Bildung der Darmhöhle und des Perigastriums, sowie die Bildung des Marks der Pflanzen erörterten. Der Erfolg ist auch hier der gleiche, wie überall, wo wir thierische Zellen vor

uns haben — der Zellhaufen wird hohl. Man vergesse nicht, daß wir es mit beweglichen Zellen zu thun haben, und deswegen ist es sehr begreiflich, daß es mit dem Auftreten des Hohlraums nicht sein Bewenden hat, daß es auch zu einem Durchbruch des Hohlraums kommen muß, und zwar nach zwei Richtungen. Jetzt ist die Bildung eines Werkzeugs — freilich in primitivster Form — geschehen, das bei allen höheren Thieren eine wichtige Rolle spielt. Der hohle, an beiden Enden offene, aus beweglichen Zellen bestehende Schlauch ist nichts anderes als ein Herz auf der niedersten Stufe seiner Entwicklung, wie wir es bei zwei großen Abtheilungen des Thierreichs, bei einer Reihe von Schnecken und bei den Insecten, finden.

Es ist ein wunderbares Schauspiel, unter dem Mikroskop die Arbeit eines solchen Herzschlauches mit anzusehen. Am leichtesten gelingt es bei den durchsichtigen Larven der Insecten, von denen die der Corethra plumicornis, einer kleinen Schnacke, den entschiedenen Vorzug verdient. Bei lebendigem Leib kann man sie in einem kleinen Schälchen unter das Mikroskop legen, und sieht da, wie der langgestreckte Schlauch sich, von einem Ende angefangen, fortschreitend zusammenzieht. Die Flüssigkeit, die sich in ihm gesammelt, wird an dem einen Ende herausgepreßt, und der Schlauch füllt sich wieder durch seitliche Spalten, die klappenartig wirken. Bei den Mantelthieren erfolgt die Zusammenziehung abwechselnd eine Zeitlang nach vorn, um nach einigen Minuten die umgekehrte Richtung einzuschlagen.

Der Erfolg aller dieser Bewegungen des Herzschlauches ist ein mehr oder weniger regelmäßiger Verlauf der Ernährungsflüssigkeit durch alle Räume des Perigastriums. Bei den Insecten sind diese Bahnen eben ganz abhängig von der Art, wie die einzelnen Muskeln den Hohlraum durchziehen; bei den Mantelthieren aber kommt es auf eine ganz eigenthümliche Weise zur Bildung regelmäßiger Gefäßbahnen. Bei ihnen ist der Darm ebenso U förmig zusammengeknickt, wie wir es oben bei der Mooskoralle (Fig. 143) gesehen haben. Der neben dem Schlund liegende Enddarm breitet sich flügel-

ähnlich aus, um den Schlund zu umarmen, und die so an einander liegenden Wände verwachsen auf vielen Punkten, die so geordnet sind, daß sie rechtwinklige Reihen bilden, mit einander. So wird der Flüssigkeitsraum, der sich zwischen ihnen befindet, in ein Netz aus rechtwinklig sich schneidenden zarten Gefäßen aufgelöst, und es gehört dann nur noch dazu, daß an den Stellen, wo die beiden Wandungen verschmolzen sind, durch Schmelzen oder Auseinanderweichen, ein Durchbruch der Schlundhöhle in die Höhle des Mastdarms zu Stande kommt, dann haben wir jenes merkwürdige Gebilde, wie es als weites Netz den gemeinschaftlichen großen Hohlraum durchzieht, den die Anatomen die Athemhöhle des Mantelthieres nennen. Figur 144 ist ein Mantelthier (Amarucium proliferum), a das beschriebene Gefäßnetz, b der ganz unten liegende Herzschlauch, c der Mitteldarm, p der Eierstock, q der Hode mit seinem Ausführungsgang r.

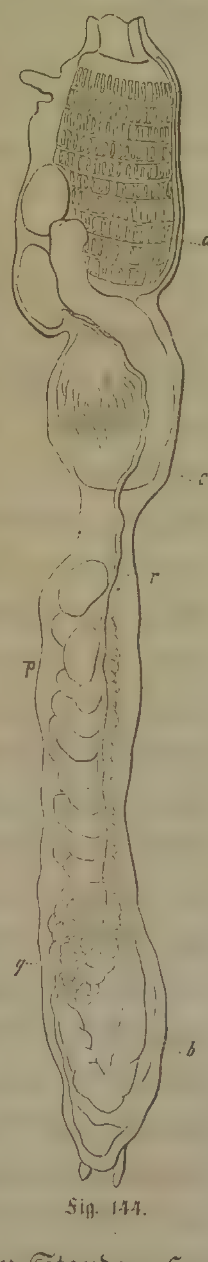


Fig. 144.

So große Aehnlichkeit dieses Gefäßnetz beispielsweise mit dem Capillargefäßnetz der höheren Thiere besitzt, so ist doch die Entstehung, und deswegen auch die Auffassung desselben eine ganz andere, wie wir sehen werden, wenn wir uns in's Gedächtniß zurückrufen, daß das Capillargefäßnetz eine Ausweitung eines Netzes verbundener Zellen ist. Während hier nichts anderes vorliegt, als eine regelmäßige Begrenzung des Perigastriums, in welchem nicht Blut, sondern jene allgemeine Ernährungsflüssigkeit circulirt, die erst später geschieden wird in das, was wir Blut und Lymphe nennen.

Diese Scheidung kommt auf folgendem Wege zu Stande. Hat sich einmal in dem Perigastrium ein Herzschlauch gebildet, der die Ernährungsflüssigkeit in mehr oder weniger bestimmten Bahnen um-

hertreibt, so ist der Anstoß gegeben, daß dieser Schlauch zu weiter verzweigten Röhren auswächst und zwar in den Richtungen, in denen die Flüssigkeit sich bewegt. Diesen Zustand des Blutgefäßsystems finden wir in Permanenz bei den Krebsen und bei vielen Mollusken. Dort liegt im Perigastrium ein mehr oder weniger kugliges Herz, von dem zahlreiche Gefäßröhren, mannigfach verzweigt, alle Räume durchziehen. Die Flüssigkeit, die in ihnen bewegt wird, strömt durch freie Mündungen an der Spitze der Gefäße in das Perigastrium. Die Rückkehr in das Innere des Herzens geschieht nach wie vor durch spaltförmige Klappen in der Wandung desselben, die bei der Ausweitung sich öffnen, wie die Klappen an einem Blasebalg.

Bei diesem Zustand ist also vom Gefäßsysteme zweierlei vorhanden: 1) Das pumpende Herz, 2) die Gefäße, die das Blut vom Herzen in die Organe führen, die sogenannten Schlagadern oder Arterien. Zwei Dinge fehlen noch: Die Venen, d. h. die Gefäße, welche das Blut von den Organen zurückführen zum Herzen, und endlich das Capillargefäßnetz, das zwischen die Enden der Schlagadern und die Anfänge der Venen eingeschoben ist.

Das erstere, die Venen, bildet sich ebenfalls dadurch, daß den Bahnen entsprechend, auf denen das Blut zum Herzen zurückgeführt wird, Zellen zur Bildung von Röhren sich zusammenschließen, die mit dem Herzen in Verbindung treten. Sobald dann zwischen Venen und Schlagadern die in den äußersten Bindeschichten gelagerten Gefäßnetze sich einfügen, ist die Bildung des Blutgefäßsystems abgeschlossen: es besteht aus dem Herzen im Centrum, aus zu- und abführenden größeren Gefäßbahnen, die geschlossen sind durch eine periphерische Verbreitung, die ihre reichste Entwicklung in der Lederhaut und der Sammthaut findet, und das, was in diesen Canälen circulirt, nennt man Blut.

Der Leser, der dieser Darstellung Schritt für Schritt gefolgt, wird über eins eine Aufklärung vermissen. Er wird fragen: was ist denn aus jenem Hohlraum geworden, den Du unter dem Namen Perigastrium als den Schauplatz dieser Entwicklungsvorgänge genannt

haft? Ist er verschwunden, ist das Blutgefäßsystem nichts anderes als ein mit geschlossenen, zu Röhren umgestalteten Wandungen versehenes Perigastrium, oder besteht auch nach der Bildung des Blutgefäßsystems ein Theil von ihm, durch den jene Gefäße hinziehen, wie die Wasserleitungsröhren durch eine gemeinschaftliche Cloake?

Darauf will ich dem Leser die Antwort nicht schuldig bleiben. Es ist der letztere Fall eingetreten. Vom Perigastrium ist noch ein gut Theil da, die Blutgefäße ziehen mehr oder weniger frei durch jenen ursprünglichen Hohlraum hindurch, gerade so, wie man heutzutage Gas- und Wasserleitungsröhren in großen Städten im Innern der Abzugscanäle laufen läßt, und diese Hohlräume sind mit einer ganz ähnlichen Flüssigkeit gefüllt, wie die ist, die in den Adern rollt, zum Unterschied von dem Blut nennt man sie Lymphe.

Wozu haben also alle diese Entwicklungsvorgänge geführt? Aus einem Zustand, bei welchem nur einerlei Ernährungsflüssigkeit zwischen Darm und Leibeswand sich bewegte, hat sich allmälig eine Differenzirung in zwei Gattungen herausgebildet, von denen die erstere in geschlossenem System den Körper durchkreist, während die letztere in dem Stadium, in welchem wir diesen Proceß verlassen haben, einen, wenn man so sagen darf, wandungslosen Hohlraum erfüllt, wandungslos in so fern, als sie nicht von besonderen Röhren eingeschlossen ist, sondern frei und ungehindert die ihr zugewendeten Seiten von Darm und Leibeswand bespült.

Ehe wir die Schicksale der Lymphe weiter verfolgen, will ich mit einigen Details über das Blutgefäßsystem diesen Abschnitt schließen, denn ich bin dem Leser schuldig, kurz den Bau eines Blutgefäßes zu schildern. Er wird erstaunen, wenn ich ihm auf die Frage nach der Structur eines Blutgefäßes die Antwort gebe, daß es gerade so gebaut ist wie der Darm, oder umgekehrt wie der Hautmuskelschlauch. Man betrachte die umstehende Figur 145, die den Querschnitt eines Blutgefäßes vom Menschen darstellt. o ist der Hohlraum des Gefäßes mit den darin schwimmenden Blutkörperchen (x). Die Wandung selbst besteht aus vier Schichten: Innen ein Epitel (e), aus zarten flach-

gedrückten Zellen mit deutlichem Kern, von der Oberfläche gesehen polygonal geordnet, drauf folgt nach außen als Vertreter der Sammthaut des Darms eine durchsichtige, feste, aus Zellkitt gebildete Haut, die sogenannte Intima (i) und nach außen entsprechend der Muskelschicht des Darms umgürtet das Gefäßrohr eine Schicht spindelförmiger Muskelzellen (m). Die vierte Schicht, die die äußere Umgrenzung bildet (b), — Bindegewebe mit verästelten netzförmigen Zellen — gehört im strengen Sinn des Wortes nicht mehr zum Gefäßrohr, es ist eine spätere Auflagerung, wie auch der

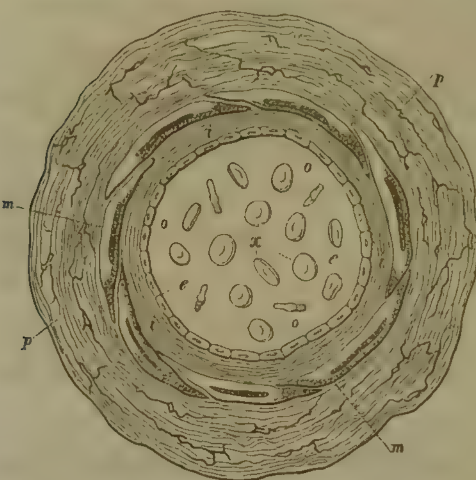


Fig. 145.

Darm bei den höheren Thieren eine solche erfährt, indem das Bindegewebe, welches das Gefäßrohr durchzieht, sich da, wo es dasselbe berührt, verdichtet, und eine derbere Beschaffenheit annimmt, man nennt diese Hülle die Gefäßscheide.

Aus dieser Uebereinstimmung im Bau von Gefäß- und Darmrohr geht für unser Verständniß des Thierkörpers der wichtige Satz hervor, daß nicht nur im Großen und Ganzen die Schichtung des Thierkörpers bestimmten Gesetzen, die ich als die der concentrischen Differenzirung bezeichnet habe, folgt, sondern daß dieselben Gesetze gelten für jeden Theil des Ganzen. Mit Staunen sehen wir, aus wie einfachen Ursachen sich die Bildung scheinbar so ganz verschiedener Dinge erklären läßt. Wir haben gesehen, daß dieselben Gründe, denen die Entstehung der Darmhöhle zu danken ist, die Bildung des Perigastriums veranlassen, sobald einmal eine Darmhöhle da ist, und bei unserer jetzigen Schilderung fanden wir, daß aus denselben Gründen jene Zellmasse hohl wird, welche den Herzschlauch eines Mantelthieres zu bilden bestimmt ist. Wenn wir nun weiter sehen, daß am Hautmuskelschlauch, am Darmschlauch und am Blutgefäß

die Begrenzung gegen das ernährende Medium eine Rindenschicht ist, darunter eine Bindeschicht folgt, und den Schluß eine Lage von Muskelzellen bildet, muß sich uns da nicht die Ueberzeugung aufdrängen, daß die organische Natur von ebenso bestimmten und unabänderlichen Gesetzen regiert wird, wie die unorganische Welt, und weiters die Gewißheit, daß der Thierkörper nur dann zu verstehen ist, wenn wir, worauf ich wiederholt hingewiesen, ihn als ein Gemeinwesen von Individuen betrachten, von Zellen, die überall da, wo ähnliche Existenzverhältnisse sind, auch zu ähnlicher Form sich entwickeln.



Fig. 146.

Zum Schluß noch in Figur 146 die Abbildung eines Capillarennetzes, wie es sich in den zapfenförmigen Vorragungen zeigt, die von der Lederhaut des Menschen entspringend in seine Epidermis eindringen, die sogenannten Lederhautpapillen.

XXI.

Lymphgefäßsystem.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde dargestellt, wie das Perigastrium dadurch, daß das Blutgefäßsystem in ihm zu einem geschlossenen Canalnetz sich entwickelte, wohl allerdings in seinen räumlichen Verhältnissen beschränkt worden ist, indem es Herz und Gefäße beherbergen muß, daß es aber noch immer fortbesteht als Nahrungsreservoir, erfüllt mit einer aus Zellen und Zellkitt bestehenden

Flüssigkeit, der Lymphe. Wie kommt nun die Entwicklung dieses Raumes zu einem systematisirten Canalnetz zu Stande, und wie verhält sich dasselbe zum Blutgefäßsystem?

So lange das letztere System noch nicht geschlossen ist, sondern seinen Inhalt durch freie Mündungen in die Lymphräume ergießt, sprechen die Anatomen gewöhnlich noch nicht von einem Lymphgefäßsystem, auch dann noch nicht, wenn das Blutgefäßsystem wohl geschlossen, aber der Lymphraum noch nicht mit bestimmten eigenen Wandungen versehen und zu einem complicirteren Canalsystem umgebildet ist, wie beispielsweise bei den Würmern (siehe oben Fig. 140, wo der Querschnitt eines Wurmes dargestellt ist). Das Blutgefäßsystem besteht bei den niedersten Würmern aus zwei Längsgefäßen, die vom Kopf- bis zum Schwanzende verlaufen, das eine an der Bauch-, das andere an der Rückenseite (siehe Fig. 140 o) und in jedem Leibesringel liegt ein Paar schmälerer halbkreisförmiger Gefäße, die nach rechts und links den Darmcanal umfassend, die beiden Längsgefäße verbinden. Da die Muskelschicht des Darmes und die der Leibeswand keinerlei Spaltung zeigt, so ist hier der Lymphraum, oder wenn man so will, das Lymphgefäßsystem nichts anderes als das Perigastrium selbst. Die Complicirung tritt, wie gesagt, zunächst durch den gruppenweisen Zerfall der Muskelschicht der Leibeswand ein; dadurch entstehen Ausläufer, denen gegenüber das Perigastrium die Rolle des Centrums spielt. Kommt durch Wucherung der Muskeln der Leibeswand und der später zu beschreibenden im Perigastrium liegenden Organe eine immer weitergreifende Verengerung des Lymphraums zu Stande, so wird dieser schließlich auf schmale Gänge reducirt, die ihre hauptsächliche Ausbreitung längs den Bahnen der Blutgefäße finden. Jedes Gefäßrohr wird von einem ringförmigen Hohlraum umgeben sein, in dem Lymphe circulirt (siehe Fig. 147 a); diesen Zustand finden wir dauernd bei den Tintenfischen. Lassen wir hier die Entwicklung nur einen Schritt weiter gehen, und denken uns, daß es auf dem Querschnitt eines Blutgefäßes an vier Punkten zu einer Verwachsung zwischen der äußern

Wand des Gefäßrohrs und den angrenzenden Geweben kommt (siehe Fig. 147 b), daß diese Verwachsung an dem Gefäßrohr fortschreitet, so wird dies umgeben sein von vier Lymphcanälen, die, wenn diese Verwachsung stellenweise unterbrochen ist, ein weitmaschiges Netz um das Gefäßrohr bilden. Denke sich nun der Leser weiter, daß jeder Nervenstrang, jede Schlagader, jede Vene in ihrer Umgebung dasselbe erfährt, so wird er sich jetzt eine ungefähre Vorstellung von dem Lymphgefäßsystem machen können. Es sind mannigfach mit einander anastomosirende, äußerst reiche und meist auch ziemlich gleich weite Netze, die in ihrem allgemeinen Verlauf Blutgefäße und Nerven begleiten. Anfangs einer eigenen Wandung entbehrend, schichten um sie die Zellen sich nach denselben Gesetzen, wie bei der Wandung der Blutgefäße und sie zeigen deshalb auch einen ganz ähnlichen Bau ihrer Wandung; nur ist das zu bemerken, daß schief und paarig in das Innere vorspringende Falten in den dickeren Lymphgefäßen ein System von Klappen herstellen, welche der im Innern circulirenden Flüssigkeit das Fließen nur in einer Richtung gestatten, nämlich von der Peripheeri gegen das Centrum. Dort, d. h. im Perigastrium, sammelt sich nun die Lymphe in einigen Hauptstämmen, die sich wieder unter Bildung einer Klappe in die Venen einsenken, so daß also an diesen Stellen die Lymphe dem Blute beigemischt wird.

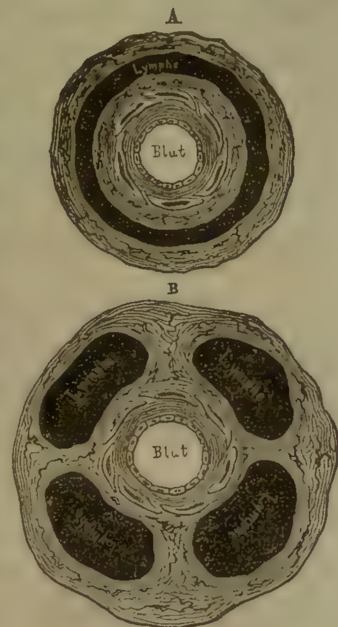


Fig. 147.

Die eigenthümliche Entwicklung des Wirbelthier-Embryos bringt eine weitere Theilung in dem System der Ernährungsflüssigkeiten hervor, die speciell beim Lymphgefäßsystem näher erwähnt werden muß, weil die Anatomen dieser Trennung entsprechend eigene Namen gebrauchen, während beim Blutgefäßsystem, wo sie in gleicher Weise vorkommt, keine so scharfe Sonderung beliebt wurde.

Bekanntlich entwickelt sich der Embryo der Wirbelthiere als

eine flache Scheibe auf einer vom Nahrungsdotter gebildeten Kugel. Wenn Darmwand und Leibeswand sich von einander abheben, so entsteht ein Perigastrium, das in den weiten Raum zwischen Nabelbläschen und derjenigen Eihülle mündet, die eine Fortsetzung der Leibeswand des Embryo ist. Im weitern Verlauf kommt es zu einer concentrischen Differenzirung dieser Räumlichkeit gegenüber, d. h. es lagert sich eine eigene Haut über die Innenfläche der noch nicht geschlossenen Leibeswand, die da, wo der Darm an ihr anliegt, über diesen hinweggeht (siehe Fig. 148 A bei p). Man nennt diese Haut Peritoneum. Im weitern Verlauf der Entwicklung entfernt sich der Darm von der Leibeswand, die sich mittlerweile schließt und nun liegen die Verhältnisse, wie sie Figur 148 bei B auf dem Querschnitt darstellt. hm ist der Querschnitt des Hautmuskelschlauchs, der sich einseitig am Rücken zu beträchtlicher Dicke entwickelt hat, d ist der Durchschnitt des Darmrohrs. Verfolgt man den Lauf des bei p dargestellten Peritoneums, so sieht man, daß es den Darm einwickelt, daß an der Rückenseite des Darmes die beiden Blätter neben einander aufsteigen zur Innenfläche des Hautmuskelschlauches, um diesen zu überziehen. Das Gebilde, das aus diesen beiden Platten entsteht, und ein Aufhängeband für den Darm (g) herstellt, ist das Gekröse. Zwischen seinen beiden Platten verlaufen einmal die Blutgefäße, die von und zu dem Darm führen, und für's zweite die Lymphgefäße, die dem Darm entspringen. Diese letzteren spielen deshalb eine so besonders wichtige Rolle, weil sie es vorzugsweise sind, die die aufgesaugte Nahrung aus dem Darm dem Organismus zuführen. Man hat sie Chylusgefäße genannt und den Namen Lymphgefäße nur denen beigelegt, die aus dem Hautmuskelschlauch stammen. Schlachtet man ein Thier während der

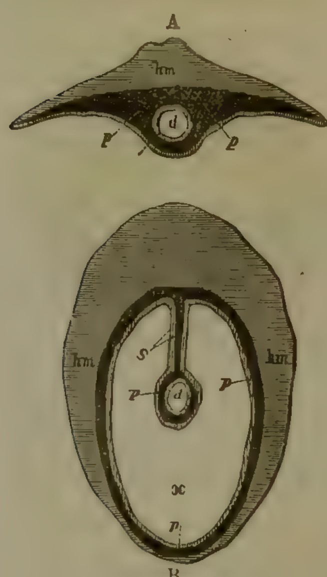


Fig. 148.

Verdauung, so sieht man sie strotzend gefüllt mit einer milchweißen Flüssigkeit.

Zum Verständniß dieser Anordnung muß noch bemerkt werden, daß die weite Höhle (x) nicht dem Perigastrium der wirbellosen Thiere entspricht, sondern etwas Neues ist, die sogenannte Peritonealhöhle. Dem Perigastrium der niedern Thiere kann nur jene Bindegewebsschicht (s p) verglichen werden, die als schwarzschattirte Lage hinter dem Peritoneum liegt und die Blut- und Lymphgefäße, sowie die Nerven enthält. Die Anatomen nennen diese Schicht subperitoneales Bindegewebe.

Zum Schluß noch einige Worte über Blut und Lymphe selbst. Im Allgemeinen haben wir ihre Zusammensetzung schon geschildert: Flüssiger Zellkitt mit schwimmenden Zellen. Nur das muß noch bemerkt werden: die Zellen der Lymphe und des Chylus sind immer farblos und durch amöbenartige Bewegungen ausgezeichnet. Dasselbe gilt auch bei den Thieren, wo es noch nicht zur Sonderung von Blut und Lymphe gekommen ist. Hat sich aber einmal ein geschlossenes Gefäßsystem entwickelt, so sehen wir meist bestimmte Färbungen im Blute auftreten. Bei den wirbellosen Thieren ist nur bei wenigen (den Tintenfischen) die Färbung an die Zellen selbst gebunden. Hier ist die Blutflüssigkeit gefärbt, und zwar bald roth, bald gelb, bald grün. Bei den Wirbelthieren dagegen rührt die Farbe des Blutes von einer Färbung der Zellen her. Es finden sich aber neben den rothen Blutzellen constant eine größere oder geringere Anzahl farbloser von ganz demselben Charakter, wie die Zellen der Lymphe. Besonders vermehrt ist ihre Zahl bei einigen Krankheiten, bei Wechselfieber und Bleichsucht. Neuerdings angestellte Experimente haben gezeigt, daß die farblosen Blutzellen Jugendzustände der gefärbten sind. Ihre mannigfaltigen Formen habe ich bereits in der ersten Lieferung auf Seite 14 Figur 2 abgebildet, und zwar bei a die Blutzellen des Menschen, bei b die einer Taube, bei c die des Proteus, bei d die eines Fisches und bei e die einiger wirbellosen Thiere.

Aus unserer bisherigen Darstellung in den drei vorangegange-

nen Capiteln geht somit hervor, daß die Systeme der Ernährungs-flüssigkeiten einen äußerst einfachen Ausgangspunkt haben, jenen spaltförmigen Hohlraum zwischen Leib und Darm, daß eine Theilung in zwei Systeme, von denen das eine Blut, das andere Lymphe führt, durch die Entwicklung eines geschlossenen Canalsystems in diesem Hohlraum, ausgehend von einem zum Herzschlauch sich umgestaltenden Zellhaufen, abhängt; und ich glaube durch diese Darstellung dem Leser zweierlei gezeigt zu haben: einmal, daß die Natur einem bestimmten, über alle Thiere sich ausbreitenden Entwicklungsgang gefolgt ist, und für's zweite, daß man immer dann am leichtesten zum Verständniß einer Sache gelangt, wenn man diesem Entwicklungsgang folgt. Das vollendetste Talent ist nicht im Stande, solche Verhältnisse zu begreifen und Andern begreiflich zu machen, wenn es sich nicht an die Norm hält, die die Natur selbst vorgezeichnet.

XXII.

Luft- und Wassergefäßsystem.

Nichts illustrirt so sehr die Selbständigkeit auch der Zellen, die mit andern zur Bildung eines Zellstaates zusammentreten, als die mannigfaltigen Schicksale der Zellen des Perigastriums. Hat schon die Schilderung von Blut- und Lymphgefäßsystem Ueberraschendes zu Tage gefördert, so kommt hierzu noch eine Reihe von weiteren Bildungen, die auch wieder von einfachen Zuständen ausgehend, schließlich die höchste Complication der Zellgruppirung annehmen, indem sie ein über Darm- und Hautmuskelschlauch ausgedehntes System bilden.

Der Ausgangspunkt ist wieder nichts anderes als ein Klumpen von Zellen, der sich an bestimmten Orten des Perigastriums anheftet und später hohl wird. Wo das Perigastrium nicht in Kammern zerfallen ist, in Folge einer Ringelung des Leibes, ist die Ver-

theilung dieser Gebilde an keine bestimmte Regeln gebunden. So ist es bei den Seekletten; bei den Würmern dagegen, wo das Perigastrium durch ebensoviele Scheidewände, als der Leib ringförmige Kerben besitzt, in Kammern getheilt ist, da findet sich in jeder eins rechts, eins links.

Wir nehmen überhaupt am besten die Verhältnisse der niederen Würmer zum Ausgangspunkt unserer Schilderung, weil sich alle andern Formen als Entwicklung aus ihnen darstellen lassen. Ein Klümpchen von Zellen wird im Innern hohl, scheidet auf der Innenfläche ein festes glashelles Häutchen aus, das an beiden Enden des Klumpens mehr oder weniger weit als feines Röhrchen über ihn hinausragt und im Innern desselben öfter darmförmige Windungen zeigt (siehe Fig. 149). Das eine Ende des Röhrchens mündet mit

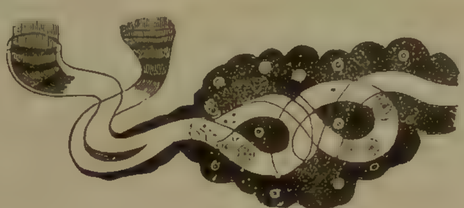


Fig. 149.

einer trompetenförmigen Oeffnung, die mit schlagenden Wimperhaaren besetzt ist, frei in die Kammer des Perigastriums. An der andern Seite kommt es ausnahmslos zu einer Verbindung mit der Leibeswand und zwar so, daß das Röhrchen durch eine Oeffnung derselben frei ausmündet, mit seiner Wandung in die Cuticula des Leibes übergehend (siehe oben auf Seite 224 bei der Figur 140). Der Zellhaufen bleibt entweder als geschlossene Schicht um den mittlern Abschnitt des Röhrchens, oder die Zellen werden spärlicher und es sitzen nur einige wenige gleichsam mit Stielen auf der Röhre auf, wie bei Figur 140.

Eine höhere Entwicklung, aber immer noch in demselben Schema bleibend, zeigt uns Figur 150 in dem Leib des Regenwurmes. Das Organ hat eine beträchtliche Länge erreicht, man erkennt bei Se das pantoffelförmige freie Ende. Von dort aus verläuft der dünnwandige

Schlauch in mehrfachen Windungen und Schlingungen an einem zweiten dickeren, wurstförmigen Theile hin, in dessen Wandung die

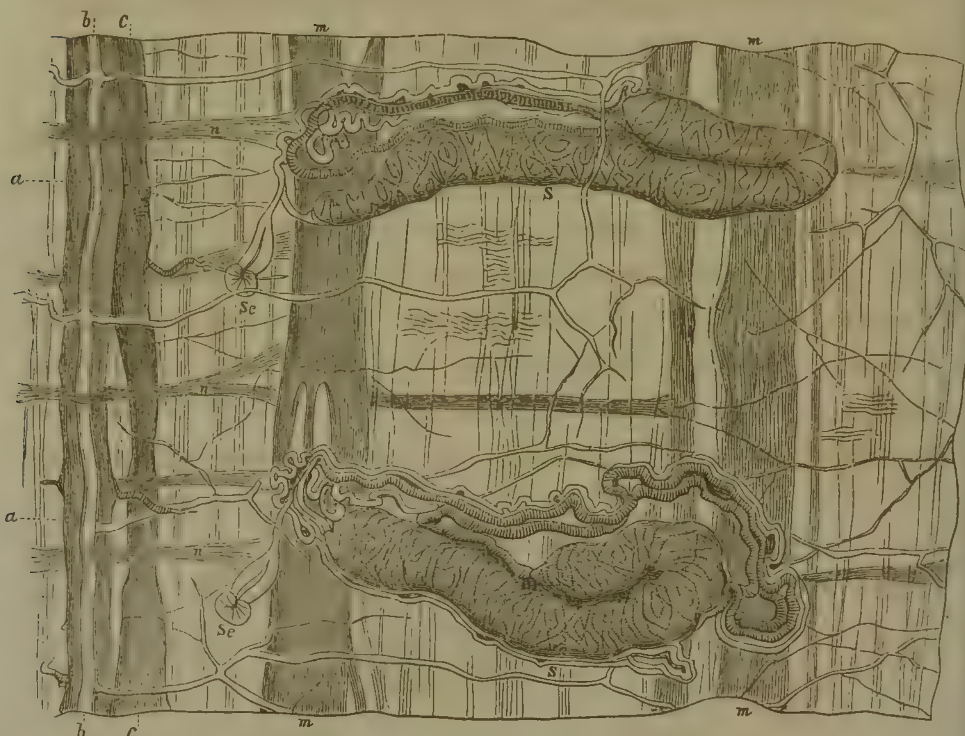


Fig. 150.

dicht gedrängten Zellen den Anblick eines netzförmigen Gefüges gewähren. Die freie Ausmündung nach außen ist bei dieser Figur verdeckt. Bei stärkerer Vergrößerung (siehe Fig. 151) erkennt man, daß das Ganze von einem äußerst reichen Netz von Blutgefäßen umsponnen ist, die ein solches Organ zu einem der zierlichlichsten mikroskopischen Objecte machen. Man gewinnt aber nur dann eine befriedigende Ansicht, wenn man den Wurm zuvor in Chromsäure erhärtet.



Fig. 151.

Bei den Strudelwürmern kommt es zu einer äußerst reichen, weit verzweigten baumförmigen Ausbrei-

tung dieses Organs, wobei die Röhrchen überall zwischen die Gewebe des Körpers eindringen. In diesem Schema bewegt sich das Organ bei allen zeitlebens im Wasser sich aufhaltenden Thieren, den Seekletten, den Würmern, Blutegeln, Räderthierchen (siehe Fig. 82 bei d). Die Physiologen haben sich vielfach darüber gestritten, welchen Namen man dem Gebilde im Hinblick auf seine Verrichtung geben soll; ein Theil derselben, der von der Ansicht ausgeht, daß alle Theile jedes Thieres zurückzuführen seien auf ein bestimmtes Organ des menschlichen Körpers, haben diese Canäle mit den Nieren verglichen. In morphologischem Sinn haben sie Recht, aber wenn man daraus den Schluß ziehen wollte, daß sie die gleiche Verrichtung haben, nämlich Harnstoffe abzusondern, so wäre dies ein sehr gewagter Schluß: so lange man nicht chemisch in ihnen diese Absonderung nachweist, muß eine solche physiologische Benennung unterbleiben. Andere Physiologen halten sich durch das unbestreitbare Factum, daß durch diese Canäle Wasser in das Perigastrium eindringt, für berechtigt, diese Organe Lungen zu nennen, und unterstützt wird dies noch dadurch, daß, wie ich später zeigen werde, die Tracheen der Insecten eine directe Fortbildung dieses Organes sind; allein da es wohl außer Zweifel ist, daß bei dem Wurm der Sauerstoff an allen Stellen des Körpers seinen Einzug halten kann, also die Haut mit demselben Recht Athmungs-Organ genannt werden kann, so sollte man diesen Organen gar keine physiologische Benennung geben und sie nach dem Vorgang einer dritten Gruppe von Naturforschern ganz einfach Wassergefäße nennen. Sie haben für das Thier den unbestreitbaren Werth, daß sie eine ausgiebigere Berührung der einzelnen Zellen des Thierkörpers mit dem Wasser, worin er lebt, herstellen. So gefaßt paßt der Ausspruch nicht nur für die Wassergefäße der Wasserthiere, sondern auch für die Tracheen, von denen wir sogleich reden werden.

Klar ist: Sobald ein mit einem solchen Apparat versehenes Thier seinen Aufenthalt im Wasser verläßt und emporsteigt zum Leben in der Luft, muß dieser Apparat eine wesentliche Umbildung

erleiden, denn es wird Luft in ihn eindringen, und so ist es auch: Die Wassergefäße der Würmer erkennen wir ohne Zwang wieder in dem Tracheensystem der Insecten, der Tausendfüße und Spinnen, aber statt mit Wasser mit Luft gefüllt.

Ich rufe dem Leser in's Gedächtniß zurück, daß wir bei den Würmern in jedem Leibesring ein Paar mit einander in keinerlei Zusammenhang stehender Wassergefäße gefunden haben. Eine Aenderung in diesem Verhalten tritt in zweierlei Richtung ein: einmal können einzelne Ringel des Leibes dieser Organe verlustig gehen, so ist es ausnahmslos am Kopf der Insecten der Fall. Bei andern, z. B. vielen Spinnen, finden wir gar nur an den hintersten Bauchringeln diese Organe. Eine weitere Modification ist die, daß eine Communication der Organe zweier benachbarter Körperabschnitte zu Stande kommt. Bei den Spinnen fehlt dies noch; da ist jede Trachee für sich allein, besteht aus einem sackförmigen Centrum mit weiter Mündung nach außen, von dem ein Büschel feiner Fäden ausstrahlt. Bei den Insecten kommt es dagegen zu einer bogigen Verbindung des Tracheenstamms jedes Körperabschnitts und zwar so, daß alle auf der gleichen Seite liegenden mit einander sich verbinden. Auf diese Weise kommen zwei Hauptstämme zu Stande, wovon der eine rechts, der andere links der Länge nach den Körper durchzieht, in jedem Leibesringel einen kurzen Ast zu einer Oeffnung in der Leibeswand, dem sogenannten Stigma oder Athemloch, sendend.

Von diesen Hauptstämmen aus, die entweder im Perigastrium liegen oder in der Dicke der Muskelschicht der Leibeswand, geht eine reiche Verästelung immer feinerer Röhren durch alle Theile des Körpers, die bei den fliegenden Insecten so weit getrieben ist, daß nahezu jede einzelne Zelle des Thierkörpers von einem Tracheennetz umsponnen wird. Weniger entwickelt sind sie bei den fluglosen Spinnen, Krebsen und Läusen. Auf eine detaillirtere Schilderung der reichen Variationen, die sich aus dem geschilderten Schema entwickeln, muß ich natürlich hier verzichten, ließe sich ja doch davon

allein ein Büchlein schreiben, gefüllt mit den prächtigsten Zeichnungen, unter denen die Phantasie zartes Buschwerk, Lauben, Guirlanden, knorrige Eichenstämme und kletternde Schlinggewächse bald laublos, bald mit Blättern oder Früchten besetzt, sich denken könnte.

Eins aber darf ich nicht unterlassen zu sagen, daß die Tracheen zu den schönsten Dingen gehören, die man unter dem Mikroskop sehen kann; und wie leicht ist es, sich diesen Anblick zu verschaffen! Man fange eine Fliege und zerre mit einer Nadel die Eingeweide hervor: bei auffallendem Lichte erblickt man ein reiches Geäste silberner Fäden auf dunklem Hintergrunde blinkend und glänzend, wie sie das Märchen in der Berggeister Behausung hinein dichtet. Bei durchfallendem Lichte sehen sie freilich etwas prosaischer aus, etwa so wie Figur 152 sie darstellt, aber immer noch zierlich genug, durch

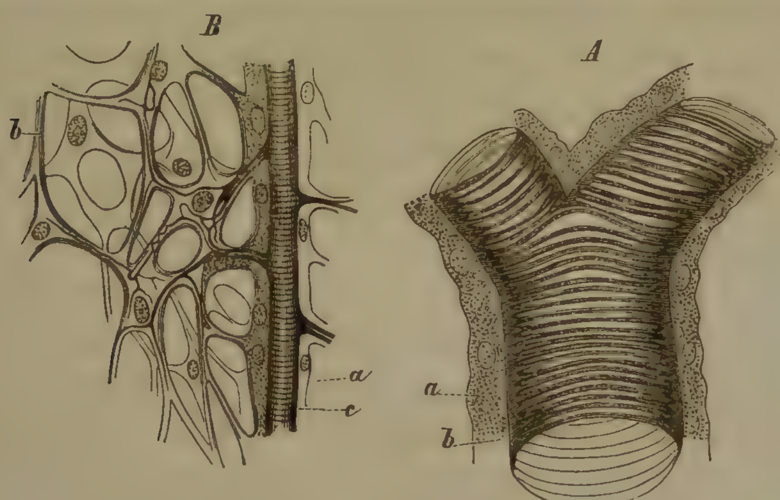


Fig. 152.

die zarte scharfmarkirte Ringelung des inneren Chitinhäutchens. Sie rührt davon her, daß spiralige Leisten auf dieser Haut verlaufen, so daß, wenn man sie zu zerreißen sucht, eine Auflösung in einen Spiralfaden erfolgt, ähnlich, wie wir dies schon bei den Pflanzen in den Spiralgefäßen getroffen haben.

Außen ist dieses Häutchen umgeben von einer einfachen Zellschicht, die eben durch Absonderung das erstere gebildet hat, so wie die Cuticula von den Zellen der Epidermis abgesondert wird. Beide

bestehen auch aus demselben Stoff — Chitin — und da, wo das Tracheensystem nach außen sich öffnet an den Stigmen, gehen beide in einander über. Zum vollen Verständniß gehört übrigens noch die Erkenntniß der Endigungen der Röhrchen. Darüber belehrt ein Blick auf Figur 152 B, dort sieht man, wie die feinsten Röhrchen in das Maschenwerk der Bindegewebszellen, und zwar in die Zellen und ihre Ausläufer selbst, hineintreten: also ganz dasselbe Verhältniß, wie wir es bei Blut- und Lymphgefäßsystem gefunden haben — eine schließliche Communication mit dem Netz der Bindegewebszellen. Das Tracheensystem führt in seiner ganzen Ausdehnung Luft, die durch die Pressung abwechselnder Zusammenziehungen der Leibesmuskeln bewegt wird, dient also der Ernährung des Thierkörpers in gleicher Weise, wie die mit Luft gefüllten Zwischenzellgänge den Pflanzenblättern und die Wassergefäße den Würmern: sie vergrößern die Fläche, auf der die Zellgemeinde mit dem umgebenden Medium Stofftausch treiben kann. Sie ist ein neuer Marktplatz für Lebensbedürfnisse, wie es der Darm einer ist, was aber da gekauft und verkauft wird, ist gewiß nicht überall dasselbe.

XXIII.

Nahrungsflüssigkeit und Nahrungsmedium.

Bei Beginn unserer Schilderung vom Bau des Thierkörpers standen wir auf der Spitze eines Thurmes, nach Orientirungslinien suchend, die uns gleich dem Faden der Ariadne an dem mannigfachen Detail vorüberleiten sollten. Jetzt, nachdem wir von unserer Höhe heruntergestiegen und eine mühsame Wanderung durch die weitgedehnten Räume unternommen, nachdem wir in alle möglichen Winkel und Ecken des Thier- und Pflanzenkörpers unsere Nase gesteckt, ziemt sich's

einen Augenblick inne zu halten und zurückzublicken auf den Plan, den die Natur bei den besprochenen Einrichtungen verfolgte.

Mit der einzelnen freilebenden Zelle beginnend hat sie, gestützt auf die Vermehrung derselben durch Theilung, einen colonienweisen Verband einer größern Individuenzahl angestrebt, immer bemüht, die aus der Zusammenhäufung sich ergebenden Schwierigkeiten zu beseitigen. So lange die Zellen in einer Weise sich ordneten, bei der keine der andern in ihren Beziehungen zur Außenwelt hindernd in den Weg trat, bewegte sich der Zellstaat in ungebundener Mannigfaltigkeit nach den verschiedensten Richtungen des Raums. Der Zwang, bestimmte Staatsformen anzunehmen, trat erst auf in dem Moment, wo eine Ungleichartigkeit der Ernährung und in Folge dessen die Nothwendigkeit einer Arbeitstheilung eintrat. Von da an sahen wir ein allgemeines Gesetz walten, zu Folge dessen die Arbeitstheilung in paralleler Richtung zu der Oberfläche sich einstellte: Der Organismus baute sich auf aus concentrischen Zelllagen. — Ein Gesetz, das nicht nur die Anfänge der complicirteren Zellstaaten beherrscht, nein, wir finden es vom Zeitpunkt seines ersten Auftretens an durch alle Organismen hindurch, bis hinauf zum Menschen, mit sich gleich bleibender Beharrlichkeit im Ganzen wie in allen Theilen des Körpers. In den Algen sehen wir dieses Gesetz der concentrischen Differenzirung noch als Alleinherrscher im Zellstaat, aber in dem Augenblick, wo eine der concentrischen Schichten eine Flüssigkeit ist, treten neue Verhältnisse, neue Gesetze und neue Anwendungen des alten Gesetzes auf, um weiteren Anforderungen der Ernährung aller Individuen des Staates gerecht zu werden.

Bei den Pflanzen, die ihre bewegliche Sarkode in eine starre, aus Holzstoff (Cellulose) bestehende Membran einschließen, fanden wir in Folge dieser Unbeweglichkeit ein massenhaftes Absterben der Zellen in der Tiefe (Bildung des Markes und des Holzes). Nur einige oberflächliche Schichten von Zellen sind dort im Stande, mit der Nahrung das Leben sich zu erhalten, indem sie durch die Saftcanäle einen Ausgleich der Nahrungsdifferenzen herstellen, und ein zweites

Auskunftsmittel ergriff die Pflanze im Blatte durch das Auseinanderweichen der Zellen behufs Bildung der Zwischenzellgänge, in denen die Luft, dieses Hauptnahrungsmittel der Pflanze, freien Einzug halten konnte fast zu jeder einzelnen Zelle.

Anders beim Thier. Die thierische Zelle hat sich ihre Bewegungsfähigkeit bewahrt und dadurch einen höhern Grad von Selbständigkeit; ihre Staatenverbände — bei den Pflanzen immer auf Lebensdauer geschlossen — zeigen auf niederer Stufe der Entwicklung noch häufig revolutionäre Tendenzen, der Staatsvertrag wird gebrochen und jede Zelle geht wieder ihre eigenen Wege. So gefährlich diese Selbständigkeit der thierischen Zelle für die Bildung dauernder Staatsverbände scheinen mag, so zeigt der Thierkörper, wie es speciell die höhere Befähigung des Individuums ist, aus welcher die Höhe der Organisation hervorgeht, und so wiederholt sich eine Erfahrung aus dem politischen Leben auch im Zellstaate. Gerade die Beweglichkeit der Thierzelle ist es, die die Entstehung der Flüssigkeitssysteme ermöglicht. Wo die Nahrungsverhältnisse schwierig werden, weichen die Zellen auseinander, Raum schaffend für Straßen und Canäle. Möglich auch, daß in manchen Fällen der Zelltod es ist, der Raum schafft, denn bei der Thierzelle fehlt jene starre, der Auflösung widerstrebende Cellulosenhülle. Wenn da eine Zelle stirbt, erfolgt vollständige Auflösung, entweder sofort oder durch einen Uebergangszustand, während dessen ihr Inhalt in Fett sich verwandelt. Mag nun activ oder passiv, auf dem Wege des gutwilligen Platzmachens oder der zwangsweisen Expropriation, vorgegangen werden, das Resultat ist immer das gleiche: Platz wird gemacht, freier Weg für Nahrung und Nothdurft.

Wer wollte es verkennen, daß das der Anfang ist, der mit nothwendiger Consequenz das reiche Communicationssystem im Thierkörper zur Folge hat. Wie die Lücke zwischen zwei Nachbarhäusern der Anfang der Straße, die Straße die Ursache der Eisenbahn wird, wie aus der frei rieselnden Quelle die künstlich gefaßte Wasserleitung, aus den kunstlosen Rinnen, in denen die Jauche aus den Dörfern abfließt, das kunstvoll gefügte Canalnetz wird, das die großen Städte

trocken legt, so wird aus jenen einfachen Lücken, die die auseinanderweichenden Zellen zwischen sich lassen, in systematischer Folge Blutgefäß-, Lymph-, Chylus-, Wasser- und Luftgefäßsystem. Auf Grund desselben Gesetzes, das die concentrische Schichtung des ganzen Thierkörpers hervorbrachte, bekommen auch alle diese Hohlräume und Gefäßcanäle eine eigene concentrisch geschichtete Wandung, ist ja doch ihr Inhalt Nährmittel so gut, wie die die Oberfläche bespülende Luft, oder das den Körper umgebende Wasser.

Wir würden uns über die Systeme der Nahrungsflüssigkeiten eine falsche Vorstellung machen, wenn wir nicht noch einen Umstand hier ausdrücklich hervorheben würden, den wir im Früheren nur nebenher erwähnt. Es ist dies die Communication mit den Nahrungsmedien: Luft und Wasser. Wenn man den Menschen zum Ausgangspunkt der Betrachtung nimmt, so scheint die Sache fast sonderbar; bei ihm ist das System der Nahrungsflüssigkeiten vielleicht mit der einzigen Ausnahme, daß die Chylusgefäße mit geöffneten Wurzeln im Darm beginnen — was übrigens noch nicht unbestritten feststeht — sorgfältig gegen die Außenwelt abgeschlossen. Geht man aber von unten auf, beginnt die Betrachtung des Thierreiches mit den niederen Geschöpfen, so erscheint die Sache sofort natürlich.

Das Eindringen der Luft in das geschilderte Tracheensystem der Insecten und die Zwischenzellgänge des Pflanzenblattes wurde freilich unschwer verglichen mit dem Eintritt der Luft in unsere Lunge. Was aber den Physiologen nicht einwollte, war die Zumischung von Wasser zum Blute, und noch größeres Achselzucken rief das jetzt nicht mehr zu bestreitende Austreten des Bluts durch natürliche Oeffnungen des Körpers hervor. Im vorhergehenden Abschnitt habe ich unter dem Namen Wassergefäßsystem die Einrichtungen geschildert, mittelst deren bei den Würmern und ihren Verwandten eine Communication zwischen Wasser und Lymphraum hergestellt wird. Die Richtung, in welcher an den inneren Mündungen angebrachte Wimperhaare schlagen, stellte es unbezweifelbar fest, daß in ihnen eine Strömung

von innen nach außen besteht. Wir müssen nun hier einer ganz ähnlichen Vorrichtung in der großen Klasse der Muschelthiere und Schnecken gedenken, die nicht nur dasselbe leistet, sondern wo es bewiesen werden kann, daß diese Apparate Nahrungsflüssigkeit herausbefördern in das umgebende Medium.

Es ist hierbei vorauszuschicken, daß im Allgemeinen bei den Mollusken das Blutgefäßsystem so ziemlich auf derselben Entwicklungsstufe steht, wie wir es bei den Krebsen kennen lernten. Ein Herz ist da und abführende Schlagadern — sonderbarer Weise bei den meisten zweischaligen Muscheln liegt das Herz ringförmig um den Darm, so daß also der Darm mitten durch das Herz läuft —, es fehlen die zuführenden Venen und das Capillargefäßnetz. An den offenen Enden der Arterien tritt die Nahrungsflüssigkeit, die man hier also noch nicht eigentlich Blut nennen kann, in die aus dem Perigastrium hervorgegangenen Räume zwischen den einzelnen Organen. Entsprechend der hohen Beweglichkeit, welche die Zellen des Molluskenleibes auszeichnet, hat bei diesen Thieren das System der Gewebslücken seine höchste Ausbildung erreicht, indem dieselben nicht blos vordringen durch die Muskelschichten, noch mehr: es kommt gerade, wie bei den Blättern der Pflanzen, zur Bildung von Oeffnungen in der Epidermis, feine Canälchen durchbohren sie gleich den Stomata der Pflanzen, siehe Figur 153, welche die Haut der kleinen Erbsenmuschel (Cyclas cornea) im Querschnitt darstellt. a sind die Flimmerhaare tragenden Epitelzellen, b die Wassercanäle, c die in mannigfaltigen Richtungen verlaufenden Muskelzellen, und d die Lückenräume, in denen die Nahrungsflüssigkeit sich findet.

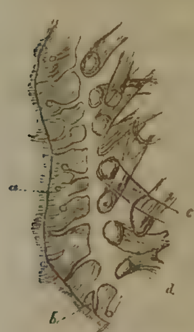


Fig. 153.

Diese Communication darf nicht verwechselt werden mit der, wie wir sie bei den Wassergefäßen der Würmer schilderten. Dieser letzteren entspricht ein Apparat, der bei den Mollusken in der unmittelbarsten Nähe des Herzens liegt: Ein kurzer, rundlicher Schlauch mit muskulöser Wandung, häufig

noch mit plattenförmigen Vorsprüngen in die innere Höhle versehen, und mit zwei Oeffnungen, genau so situirt, wie die Oeffnungen der sogenannten Nieren oder Wassergefäßschläuche der Würmer: einer nach außen und einer zweiten in's Perigastrium, da, wo es um das Herz herum eine größere Ausweitung besitzt zur Aufnahme der rückkehrenden Nahrungsflüssigkeit.

Dieses Organ, das man sehr einseitig Niere genannt hat, weil in ihm Harnsäureverbindungen vorkommen, findet seine wichtigste Function in der Regulirung des Wasserquantums, das der Nahrungsflüssigkeit beigemengt wird. In wie weit es bei der Aufnahme des Wassers mitwirkt, bedarf noch näherer Beobachtungen. Doch ist in vielen Fällen ein Einpumpen von Wasser in das Perigastrium, mit schluckender Bewegung der äußern Oeffnung beginnend, deutlich zu sehen und andrerseits steht fest, daß es bei der Entleerung dieselben Dienste leistet. Bei manchen Gattungen unserer Nacktschnecken fließt, wenn man das voll aufgeblähte Thier berührt, aus der äußeren Oeffnung Nahrungsflüssigkeit aus, wobei das Thier merklich zusammensinkt. Daß es Nahrungsflüssigkeit ist, sieht man am besten bei der großen Teichhornschnecke (Planorbis corneus), weil bei ihr die Nahrungsflüssigkeit roth ist.

Neben diesen Erscheinungen bei den Mollusken muß noch als ganz analog erwähnt werden das bekannte Austreten gefärbter Flüssigkeiten an den Fußgelenken mancher Käfer (z. B. bei Meloe). Früher hielt man es für eine Absonderung bestimmter Drüsen, es hat sich aber unzweifelhaft herausgestellt, daß es das Blut des Käfers ist, das durch besondere Oeffnungen ausfließt.

Wie haben wir uns diese auf den ersten Blick so sonderbare Mischung von Wasser und Blut zurecht zu legen? Das Blut höherer Thiere in seiner Communication mit der Außenwelt ist als künstlicher Zustand aufzufassen, d. h. nur möglich durch eine solche Complicirung der Organisation. Alle Verhältnisse in so hoch organisirten Thierkörpern müssen wir mit demselben Auge betrachten, wie die raffinirten socialen Zustände in einer großen Stadt. Das

Blut des Menschen verhält sich zu dem Blut jener Wasserthiere wie Braten und Confect zu Wasser und Brod. In Folge der dichten Zusammendrängung einer so großen Zellmenge, wie es im Körper eines Menschen ist, hat auch das Blut, aus dem nicht nur alle Zellen Nahrung schöpfen, sondern in das auch alle ihre Abscheidungsproducte abgeben, eine so heikle Zusammensetzung, daß eine Zumischung des Wassers nicht zulässig erscheint, und zudem verhindert ja schon das Luftleben den Wasserzutritt.

Anders bei der Schnecke. Dort befinden sich die Zellen des Körpers noch in einer ähnlichen Verfassung, wie die Zelle, die als Amöbe oder Infusorium frei im Wasser lebt, ein Zustand, den wir in gewissem Sinn den natürlichen, ursprünglichen nennen dürfen, im Verhältniß zu der so zu sagen unnatürlichen Situation, in der sich die Zelle eines Menschenkörpers befindet. Das Blut dieser Thiere ist noch nicht wesentlich verschieden vom Wasser, dieser allgemeinen Nahrungsflüssigkeit aller Organismen. Spielt es bei einer Seealge die directe Ernährerin der Rindenzellen und die indirecte der Markzellen, ist es im Stande das Leben einer Amöbe zu unterhalten, warum sollte es der Ernährung jener Zellen feindlich sein, die im Innern eines Molluskenkörpers hausen? Wasser ist das allgemeine Nahrungsmedium, allmälig trennt es sich in zwei Partien, die eine umgiebt den Zellstaat von außen, die andere Partie erfüllt die Höhlungen im Innern, wo die Communication beider so frei und ungehemmt ist, wie bei den Seeschwämmen (siehe oben Seite 193). Da kann sich noch kein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen ihnen bilden, da spricht man noch nicht von Nahrungsflüssigkeit; wo aber die Communicationen geringer, der Austausch weniger lebhaft, da tritt chemischer Unterschied ein, weil der Lebensproceß der Zellen dem Wasser Stoffe entnimmt und andere ihm beimischt. Kommt dann vollends dazu, daß in der innern Flüssigkeit constant eine Partie von Zellen ein freies Leben führt, dann unterscheidet man zwischen innerer Nahrungsflüssigkeit und äußerem Nahrungsmedium. Es ist also dieser Unterschied ebenso

durch allmälige Spaltung einer und derselben Flüssigkeit, in Folge der räumlichen Gruppirung der Zellen zu Stande gekommen, wie die spätere Trennung in Blut und Lymphe. Daß die Verbindung jener sich längere Zeit erhält, ist nicht mehr und nicht weniger wunderbar, als daß noch beim Menschen Blut und Lymphe an einer Stelle sich mischen.

So schwindet das Sonderbare dieses Vorganges sofort, wenn man bei der Betrachtung des Thierkörpers den naturgemäßen Weg geht, vom Einfachen zum Zusammengesetzten, und es ist dies eines der vielen Beispiele, wie schädlich und hinderlich jene Betrachtungsmethode ist, die den Menschen als Ideal eines organischen Körpers voranstellt und aus seinem Bau den Bau der Thiere erklären will. Diese Methode ist gerade so widersinnig, wie wenn Jemand einen Chronometer als Ideal hinstellen würde und daraus Natur und Verrichtung der einfachen Mechanismen des Hebels, der Welle, Schraube ꝛc. erklären wollte. Nicht das Einfache erklärt sich aus dem Zusammengesetzten, sondern umgekehrt.

XXIV.

Nervensystem.

Haben wir im vorigen Abschnitt behaglichen Rückblick gehalten, von Gesehenem und Erlebtem geplaudert, das Getreibe des Jahrmarktes uns verständlich gemacht, auf dem ein Schwarm von Zellen zusammengelaufen ist, um in Handel und Wandel Nahrung zu erwerben, so muß ich jetzt den Leser noch einmal einladen, den Wanderstab zu ergreifen, um eine neue Reise mit mir anzutreten. So weit wie die letzte ist der Weg diesmal nicht, das Pflanzenreich können wir ruhig bei Seite liegen lassen, dort hat die Zelle kein anderes Bedürfniß, als zu essen und zu trinken und das Verzehrte auszuscheiden; nur im

Thierreich tritt uns in der Bewegung und Empfindung, die sich zu einander verhalten wie Wirkung und Ursache, eine Seite des Zellebens entgegen, die mit der Zeit ebenso gewiß einer Regelung durch ein System bedarf, als in einer großen Stadt, wo so vieles durch und neben einander sich bewegt, Ordnung geschaffen werden muß, wenn nicht Alles in wirrem Durcheinander mit Fäusten und Ellenbogen sich Platz schaffen soll.

Das Bedürfniß einer solchen Regelung der Bewegung tritt natürlich viel später ein, als das der Ernährung, denn die letztere ist ja nur Zweck der ersteren. Die Existenz einer Zelle beruht auf ihrer Ernährung. Wo sie dieselbe findet, ohne sich von der Stelle zu rühren, hat die Bewegung keinen Zweck. Das beste Beispiel hierfür ist das Pflanzenreich. In der gleichen Lage befindet sich eine Reihe von thierischen Organismen, die wir dieser und anderer Aehnlichkeiten halb mit Fug und Recht Pflanzenthiere nennen können. Es sind dies z. B. die Schwämme, Korallen und Blumenthiere. Erst später beginnt das Bedürfniß der Ortsbewegung, um sich Nahrung zu schaffen. So lange es sich noch nicht um Bewegung großer Zellhaufen handelt und nicht um die Direction der Bewegung in ganz bestimmter Richtung, ist noch kein commandirendes Organ nöthig. Später aber braucht es ein solches, um die Thätigkeit sämmtlicher bewegungsfähiger Zellen so zu leiten, daß sie auf dasselbe Ziel sich richtet.

Das Ziel der Bewegung sind Dinge der Außenwelt, das Nervensystem wird also bestehen müssen aus Apparaten der Empfindung, um die Beziehungen zur Außenwelt zu regeln, einer einheitlichen Verbindung der bewegungsfähigen Zellen und eines Centrums, das den Zusammenhang zwischen beiden Apparaten herstellt. Zuerst muß ich Einiges über die Anordnung des Nervensystems im Großen und Ganzen mittheilen.

Betrachten wir das Nervensystem eines sogenannten wirbellosen Thiers, beispielsweise eines Wurmes, so sehen wir, daß es aus einem centralen Theil, dem sogenannten Ganglienstrang, besteht, der (siehe Fig. 140 n, im Querschnitt) im Perigastrium vom Kopf bis zum

Schwanzende des Thiers verläuft und um die Mundöffnung einen Ring bildet; und zweitens aus einer peripherischen Ausbreitung, die nach zwei Richtungen geschieht: einmal im Hautmuskelschlauch, und zwar stammen die Ausläufer, die zu diesem führen, aus dem Ganglienstrang; und für's zweite einer Ausbreitung im Darmschlauch, der in der Regel von einem bestimmten Theil des sogenannten Schlundrings abstammt. Auch bei den knochentragenden Wirbelthieren, den Fischen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren, finden wir diese drei Theile: den Ganglienstrang oder sogenannten Sympathicus im Perigastrium, eine End-Ausbreitung in der Leibeswand, und eine solche im Darmcanal; aber es ist bei diesen Thieren ein viertes Element hinzugetreten, welches alle übrigen gewissermaßen beherrscht. In der Dicke der Leibeswand selbst, im sogenannten Hautmuskelschlauch, hat sich auf eine ganz einzig dastehende Weise, die ich später schildern will, das gebildet, was wir als Gehirn und Rückenmark kennen und vorzugsweise als das Centrum des Nervensystems in Anspruch nehmen. Es ist damit eine kleine Revolution eingetreten. Die End-Ausbreitung in der Leibeswand, die bei den wirbellosen Thieren von dem Ganglienstrang geliefert wird, ist mit diesem neuen Centrum, dem Hirn und Rückenmark, in Verbindung getreten, freilich ohne seine Verbindung mit dem Ganglienstrang aufzugeben, allein da Gehirn und Rückenmark an Masse und Energie den Ganglien strang überbieten, so ist trotz der bestehenden Verbindung mit dem letzteren die End-Ausbreitung des Nervensystems im Hautmuskelschlauch fast ganz unter den Befehl von Gehirn und Rückenmark gesetzt, und nur die Endausbreitung im Darmcanal hat sich vor dieser Unterwerfung geschützt und gehört noch fast ausschließlich dem Ganglienstrang.

Der Bau des Ganglienstranges der wirbellosen Thiere bietet noch manche Schwierigkeiten. In vielen Fällen ist es auch heute noch mit Hülfe der besten Mikroskope nicht möglich, isolirte Zellen in den einzelnen Knoten dieses Stranges zu erkennen. Sie erscheinen als eine durchaus gleichartige Masse feinkörnig mit einzelnen eingestreuten größeren Zellen. In andern Fällen sind deutlich isolirte

Zellen da, von denen alsdann äußerst zarte Fäden nach bestimmten Richtungen ausstrahlen: einerseits nach vorn und nach hinten zur Verbindung mit den nächstfolgenden Nervenknoten, dann gegen die Mittellinie zur Verbindung mit dem Knoten der andern Seite — denn der Ganglienknoten ist immer paarig — und endlich viertens zur Verbindung mit der peripherischen Ausbreitung in der Leibeswand. Die beigegebene Figur 154 zeigt das Schema eines solchen Ganglienstranges mit seinen Nervenzellen und den Ausläufern derselben. Beim Fischblutegel sitzen die Ganglienzellen meist traubig gruppirt an der Außenfläche des Stranges.

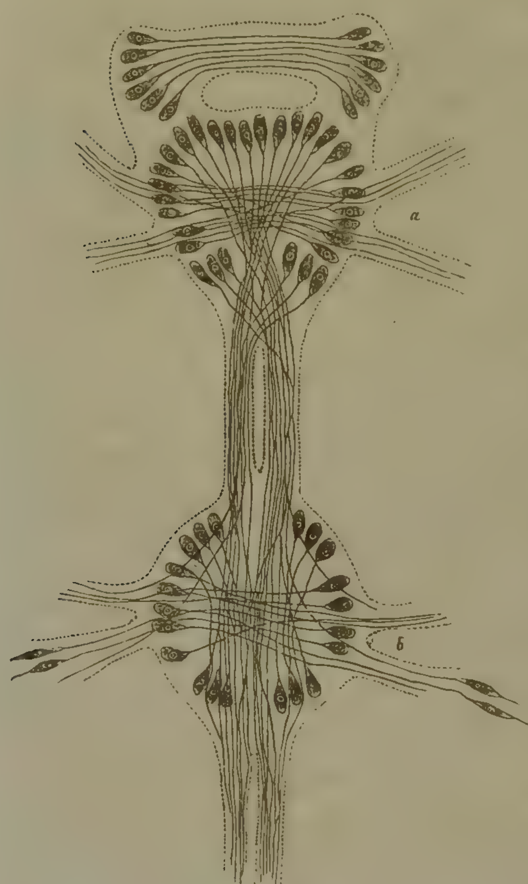


Fig. 154.

In dem sogenannten Sympathicus der Wirbelthiere, der dem Ganglienstrang der wirbellosen entspricht, hat man neuerdings einen ganz eigenthümlichen Bau der Zellen erkannt, den Figur 155 im Bild wiedergiebt. Die Zellen sind dort verhältnißmäßig sehr groß und man sieht, daß von ihnen zweierlei Ausstrahlungen abgehen. Von dem Kern der Zelle entspringt ein starker, meist ziemlich geradlaufender Faden, während von den Kernkörperchen mehrere Ausläufer abgehen, die sich zu einem, den ersteren Faden umspinnenden weitmaschigen Netz vereinigen, aus dem dann schließlich einer oder mehrere zarte, um den Faden des Kerns spiralig herumgeschlungene Fäden ausgehen. Ueber den weitern Verlauf dieser zweierlei Gattungen von Fäden sind die Untersuchungen

noch nicht abgeschlossen, sind auch der Natur der Sache nach außerordentlich schwierig, da die Fäden einen sehr langen Verlauf haben. Es steht aber zu vermuthen, daß die eine Gattung derselben die Communication der Sympathicuszellen mit den Zellen von Gehirn und Rückenmark herstellt, während die andere der peripherischen Ausbreitung des Sympathicus in dem Darmschlauch angehört.



Fig. 155.

Einfacher sind die mikroskopischen Gebilde von Gehirn und Rückenmark. Jeder, der einmal diese Organe mit bloßem Auge betrachtet hat, wird erkannt haben, daß man zweierlei Substanzen an ihnen unterscheiden kann, eine weiße und eine mehr grauliche oder röthlichgrau gefärbte. Die letztere ist die, welche die Nervenzellen enthält, während die weiße gebildet ist von den fädenförmigen Ausläufern derselben, den Nervenröhrchen. Die Nervenzellen der graulichen Gehirnmasse sind verhältnißmäßig große Zellen mit drei, vier, vielleicht mehr röhrchenförmigen Ausläufern, die auch manchmal, wie es in Figur 10 Seite 16 dargestellt ist, baumförmig sich verästeln. Die Art der Verbindung, wie sie innerhalb Gehirn und Rückenmark stattfindet, freilich mit Hinweglassung mancher Complicationen, werde ich unten kurz schildern.

Die weiße Substanz von Gehirn und Rückenmark besteht blos aus den Fäden, die von den Nervenzellen ausstrahlen. Sie verlaufen in ihr wohl auch nach verschiedenen Richtungen, doch ist es kein Gewirre, sondern ein geradliniger oder in weitem Bogen geschwungener Zug beherrscht immer eine große Partie neben einander laufender Fäden, allerdings von Strecke zu Strecke oder in häufiger Wiederholung durchflochten von Fäden, die auf andere Bahnen ziehen. Ver-

bindungen dieser Fäden unter einander scheinen nicht vorzukommen, es sind Telegraphendrähte, welche direct von einer Zelle zur andern laufen.

Die Nervenfäden, welche aus den Centraltheilen hervortreten, um gegen die Peripherie zu verlaufen, zeigen bei den Wirbelthieren Verschiedenheiten, je nachdem sie von Hirn und Rückenmark oder von dem Ganglienstrang entspringen. Die ersteren hat man als dunkelrandige bezeichnet, weil eine Gerinnung der Wandschicht des Röhreninhalts, die freilich erst nach dem Tode eintritt, ihnen einen beiderseitigen dunkeln Rand giebt. Allerdings da, wo die Nervenfaser ausläuft in feinste Fibrillen, verliert sich das dunkelrandige Aussehen. Bei den Fasern des Sympathicus oder Ganglienstranges vermißt man diese Gerinnung, man nennt sie deshalb blasse oder marklose Nervenfasern. Wir haben die Nervenfäden, die von den Centraltheilen zur Peripherie gehen, als fadenförmig ausgewachsene Zellen zu betrachten und entsprechend dem Bau der Zelle unterscheiden wir auch an ihnen eine concentrische Schichtung: eine Hülle, in der man innen anliegend die Kerne der Bildungszellen findet, und den Inhalt der Röhre, der bei den blassen Nervenfasern feinkörnig und manchmal durch eine reihenförmige Lagerung der Körner fein gestrichelt aussieht. Bei den dunkelrandigen Fasern bezeichnet man die gerinnende fettreiche Substanz als Rindenschicht, und das nicht gerinnende festere Centrum nennt man Axencylinder.

Bei den wirbellosen Thieren, denen Gehirn und Rückenmark fehlt, sind die Nerven alle mit einzelnen wenigen Ausnahmen marklos. In manchen Fällen ist es gar nicht zur Bildung einer Nervenfaser im Sinne der Wirbelthiere gekommen; die ganze Leitung besteht aus spindelförmigen, durch feine Ausläufer verbundenen Zellen, wo dann natürlich nur die Zelle einen einzigen Kern trägt. Der Umstand, daß auch bei den Wirbelthieren im Verlauf der Nervenfäden spindelförmige — also nicht zum Faden ausgewachsene — Zellen einzeln eingestreut sich finden, belehrt uns, daß die ganze Leitung ursprünglich aus Zellketten besteht, die erst allmälig zu einem gleichmäßig dicken Faden sich gestalten.

Zum Verständniß des totalen Baues gehört noch die Schilderung der Art und Weise, wie diese feinsten mikroskopischen Elemente zusammentreten zur Bildung umfangreicherer Körper, weil dabei sich noch andere Gewebselemente betheiligen. Bei den niedersten Thieren, wo wir es mit den Anfängen des Nervensystems zu thun haben, da laufen die einzelnen Fäden frei wie ein gewöhnlicher Telegraphendraht durch die Zwischenräume, die die einzelnen Zellen des Körpers zwischen sich lassen, hindurch. Sobald aber eine complicirtere Organisation, eine größere Zusammenhäufung leitungsbedürftiger Elemente eintritt, da werden die einzelnen Fäden gerade wie die Drähte zu einem Telegraphentau zusammengebunden, indem Bindegewebszellen sich theils zwischen sie hineinlegen, theils das ganze Fadenbündel concentrisch einwickeln. So entstehen die schon mit bloßem Auge sichtbaren Nervenstränge. Während des Zuges dieser Gebilde vom Centrum zur Peripherie lösen sich unter fortwährender Verschmälerung des



Fig. 156.

Hauptstranges einzelne Gruppen von Nervenfasern, selbst wieder zu Bündeln vereinigt, ab, und so fort, bis die letzten Ausläufer nur noch einzelne Nervenfasern sind. In so fern besteht ein Unterschied zwischen unsern Telegraphendrähten und den Nervenfasern, als die letzteren in ihrem Verlauf sich wiederholt theilen, ja sogar büschelartig auflösen können (siehe Fig. 156, an der man zugleich sieht, daß ein Uebergang besteht zwischen dunkelrandigen und blassen Nervenfasern).

XXV.
Gehirn und Rückenmark.

Einer näheren Betrachtung bedarf Gehirn und Rückenmark der Thiere, denn hier sind im Verlauf der Entwicklung die weitgreifendsten Störungen einer ursprünglich höchst einfachen, dem Gesetze der concentrischen Schichtung folgenden Anordnung eingetreten, und zugleich ist der Ausgangspunkt dieses im Stammbaum der Thiere erst so spät auftretenden Gebildes ein höchst eigenthümlicher.

Der Körper eines Wirbelthieres entsteht als flache Scheibe auf der Oberfläche des Eies. Während sie in die Länge sich streckt, erscheint in der Mittellinie eine seichte Rinne, die die Scheibe in eine rechte und linke Hälfte theilt. Die Rinne geht jedoch nicht bis an den Rand der Scheibe vor, es bleibt hinten und vorn eine Brücke, welche die beiden Hälften verbindet (siehe Fig. 157 A). Macht man einen Querschnitt durch die Embryonalscheibe, in der Richtung der Linie ab, so hat er das Ansehen von Figur 157 B. In der Mitte eine Rinne (r), rechts und links von zwei Wülsten (n) gesäumt. Indem im Verlauf der Entwicklung die Rinne immer tiefer wird, und die sie begrenzenden Wülste allmälig über sie gegen die Mittellinie sich zusammenwölben und sich schließlich dort vereinigen, wird aus der Rinne ein hohles Rohr, das in der Dicke des Hautmuskelschlauches liegt (siehe Figur 157 C, bei r).

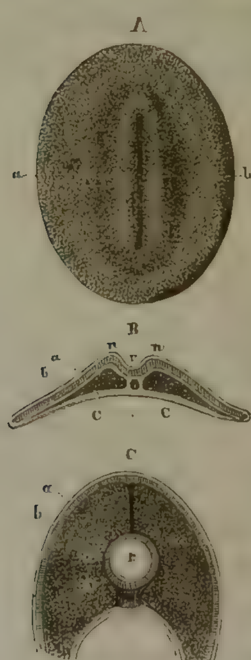


Fig. 157.

Ich ersuche nun den Leser sich zu vergegenwärtigen, wie der Hautmuskelschlauch von Außen nach Innen zusammengesetzt ist: Oberhaut (a), Lederhaut (b), Muskelschicht (c). Da die Wülste,

die das Rohr einschließen, blos durch eine Wucherung der Muskelschicht entstehen, so werden die zwei andern Schichten, Oberhaut und Lederhaut, es sein, die in der Ordnung von Innen nach Außen das Rohr zusammensetzen. Gehirn und Rückenmark ist also in diesem Stadium seiner Entwicklung ein hohles Rohr mit zweischichtiger Wandung, innen einer Rinden-, außen einer Bindeschicht.

Wollen wir den Bau eines erwachsenen Gehirns und Rückenmarks verstehen, so müssen wir die Schicksale von Hohlraum und Wandung verfolgen. Im Verlauf des Rückenmarks bleibt der Hohlraum zeitlebens als feiner Centralcanal, der es der ganzen Länge nach durchzieht (siehe Fig. 158 c). Am vordern Ende, wo sich das

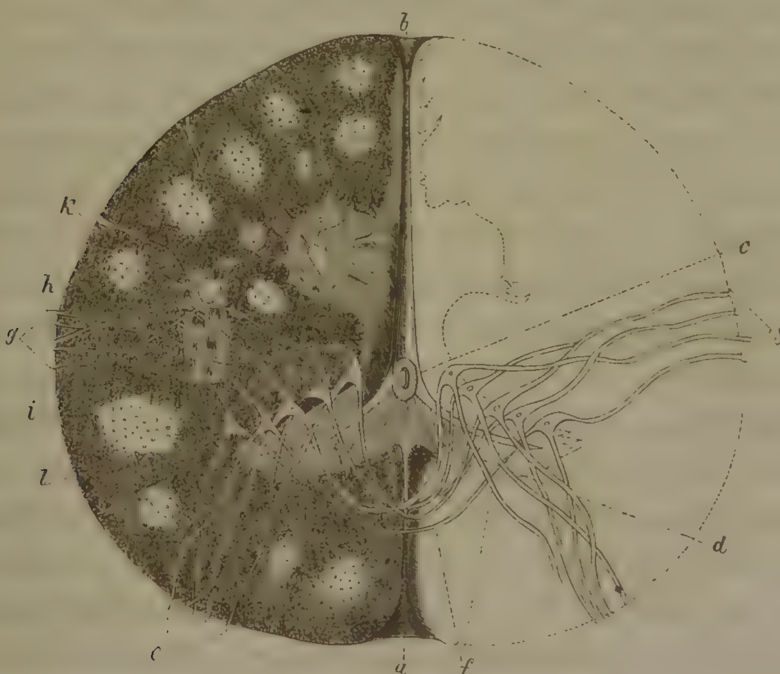


Fig. 158.

ursprüngliche Rohr blasenartig erweitert, um das Gehirn darzustellen, erfährt auch der Hohlraum eine entsprechende Erweiterung mit mannigfachen seitlichen symmetrischen Ausbuchtungen und stellt so die Hirnhöhlen her.

Die Wandung wächst beträchtlich in die Dicke und zerfällt zunächst im Rückenmark in drei Schichten. Die innerste spielt eine

sehr untergeordnete Rolle, es ist eine einzige Lage von Zellen, die als Epitel den Hohlraum auskleidet und an der freien Fläche Flimmerhaare trägt. Die äußerste Schicht des Rohrs entwickelt sich entsprechend ihrer Abstammung von der Lederhaut als bindegewebige Hülle. Sie hat zwar mannigfaltige Schicksale, indem sie im weitern Verlauf einen concentrischen Zerfall in die weiche Hirnhaut, die harte Hirnhaut und die knöcherne Umhüllung zeigt, allein davon haben wir erst weiter unten zu reden.

Zum eigentlichen Nervenmark entwickelt sich die mittlere Schicht, die wir ihrem Herkommen nach mit den tieferen Lagen der Oberhautzellen vergleichen dürfen, oder, wenn man will, mit den oberflächlichen Lagen der Lederhaut. Die Zellen derselben sind die zukünftigen Ganglienzellen, die, wie schon oben geschildert wurde, feine fädige Ausläufer aus sich hervortreiben. Durch die Entwicklung dieser Fäden werden selbstverständlich die Zellen auseinander gedrängt und dadurch die concentrische Gruppirung derselben gestört. Am meisten erhält sie sich noch im Rückenmark. Dort liegen die Ganglienzellen auf dem Querschnitt als concentrische Lage (die sogenannte „graue Substanz") innen, ihre Fäden sammeln sich vorzugsweise an ihrer Außenseite als weiße Substanz.

Im Gehirn kommt es in Folge der verschiedenen Einfaltungen der Blasenwand und der dadurch bedingten Mannigfaltigkeit in der Zugrichtung der Nervenfasern zu den weitgehendsten Verdrängungen und Spaltungen der ursprünglich einheitlichen Ganglienzellenlage. Bald finden wir sie, wie in den Hemisphären des großen Gehirns, an der äußeren Oberfläche als grauen Beleg, weil hier ihre Fäden nach einwärts sich entwickelten, bald gruppenweise als sogenannte graue Kerne mitten in der weißen Fadensubstanz, so daß am erwachsenen Gehirn fast gar nicht mehr zu erkennen ist, daß es aus einer Blase mit dreifach geschichteter Wandung hervorging. Dazu kommt noch, daß die bindegewebige Hülle zwischen die Elemente des Nervenmarks bald plattenförmig in die Tiefe sich senkt, bald zarte Gefäßwurzeln in dasselbe treibt, die mit ihren bindegewebigen

Scheiden ein feines Balkengerüste in der Dicke des Nervenmarks herstellen.

Es kann natürlich hier nicht meine Aufgabe sein, dem Leser einen Orientirungsplan für Gehirn und Rückenmark vorzulegen, obwohl die Herstellung eines solchen nur auf mikroskopischem Wege zu gewinnen ist und der Bau des Gehirns zu den größten Wundern der unsichtbaren Welt gehört. Die Complicirung ist hier so groß, daß ohne weites Ausholen, ohne die angestrengteste Aufmerksamkeit des Lesers kein Verständniß zu gewinnen ist. Nur so viel, um eine richtige Vorstellung zu geben: Man denke sich ein großes zweistöckiges Haus, in jedem Stockwerk eine Menge von Zimmern, in deren jedem ein Trupp von Telegraphisten — so will ich die Ganglienzellen nennen — sitzt. Im obern Stockwerk — das sind die Hemisphären des großen und kleinen Gehirns — sitzen die Dirigenten, die die wichtigeren Angelegenheiten zu entscheiden haben, im Parterre — d. h. den Ganglien am Boden des Gehirns und dem verlängerten Mark — sitzt das untergeordnete Personal. Von dieser großen Telegraphenstation aus, und zwar aus dem untern Stockwerk, gehen die Leitungen nach zwei Richtungen. In der einen Richtung werden die Depeschen empfangen, in der andern werden sie weiter befördert. Der geschäftliche Verkehr ist nun in folgender Weise geregelt: Das Personal im Parterre empfängt die Depeschen, und zwar in einem Zimmer werden die aus dem Ohr, im andern die vom Auge, im dritten die von den Tastkörperchen 2c. abgegeben. Wo ausreichende Instructionen vorhanden sind, können die Telegraphisten unmittelbar einen Muskelbefehl in den Körper hinaustelegraphiren, und so kommen die unwillkürlichen Bewegungen zu Stande, z. B. das Zusammenfahren bei plötzlichen Lichterscheinungen, Blitz oder heftigem Geräusch 2c. Je mehr aber die Intelligenz ausgebildet ist, um so weniger Selbstständigkeit besitzt das Personal im Parterre. Es wird Befehl erhalten, hinauf in den ersten Stock zur Direction zu telegraphiren; dort verhandeln die Directionsmitglieder unter einander und der Beschluß derselben wird dem Parterrepersonal zurücktelegraphirt, das dann den Muskelbefehl in den Körper entsendet.

Denkt man sich nun als weitere Complication, daß das ganze Haus durch eine Feuermauer in eine rechte und linke Hälfte geschieden und jede Section im Directorium sowohl als im Parterrepersonal doppelt vorhanden ist, daß bei Allem, was geschieht, das Dringendste und Wichtigste eine vorgängige Verständigung der rechten und linken Section ist, wozu eigene Telegraphendrähte gehören, daß ferner im Parterre und im ersten Stock auch die Telegraphisten eines und desselben Zimmers mit denen der andern Zimmer durch directe Telegraphendrähte in Verbindung gesetzt sind, so wird sich der Leser aus dieser Schilderung folgendes Bild von dem Telegraphendrahtsystem entwerfen können:

1) Faserzüge von den Sinnesorganen herein in's untere Stockwerk, wo die sogenannten Hirnganglien liegen — Wurzeln der Sinnesnerven.

2) Faserzüge, die entweder direct zu Bewegungsnerven gehen (Wurzeln der Bewegungsnerven des Gehirns) und solche, die zum Rückenmark ziehen, damit dort von den untergeordneten Telegraphenstationen, d. h. von den Ganglienzellen des Rückenmarks, die Depesche weiter befördert wird.

3) Telegraphendrähte, die im Parterre einmal die rechte und linke Hälfte, und dann die einzelnen Zimmer unter einander verbinden — Commissuren des Gehirns.

4) Ein reicher Schwarm von Drähten vom Parterre in den ersten Stock und zurück. Sie sind so angeordnet, daß das Personal in der linken Hälfte des Parterres direct nur mit dem der gleichen Hälfte im ersten Stock communicirt. Der Complex dieser Telegraphendrähte heißt Stabkranz.

5) Ein Schwarm von Telegraphendrähten, die von der rechten Hälfte des ersten Stockes in die linke ziehen, und endlich

6) Bogige Verbindungsdrähte zwischen den einzelnen Zimmern jeder Hälfte des ersten Stockwerks.

Auf den ersten Blick wird natürlich dieses reiche Fadensystem einen verwirrenden Eindruck machen, allein er belehrt auch sofort darüber,

daß man es nicht mit einem planlosen Gewirre zu thun hat, sondern mit ganz regelmäßigen Zügen, die sich allerdings an vielen Stellen durchkreuzen.

Zum weitern Verständniß ist noch nothwendig, zu wissen, daß die grauen Ganglien im Parterre des Gehirns die Telegraphendrähte, die sie zum Rückenmark schicken, da, wo Hirn und Rückenmark sich verbinden, kreuzen. Die Ganglien der rechten Seite schicken ihre Fäden zur linken Hälfte des Rückenmarks und umgekehrt. Daher die bekannte Erscheinung, daß Erkrankung der rechten Hirnhälfte eine Lähmung links erzeugt und umgekehrt.

Zum Schluß dieser Darstellung noch Einiges über die Stellung der Telegraphisten in den untergeordneten Telegraphenstationen des Rückenmarks, wozu die Abbildung Figur 158 (Querschnitt des Rückenmarks vom Lachse) auf Seite 273 dienen mag. Wir sehen auf diesem Querschnitt außer der jederseits in zwei Zipfel ausgezogenen grauen Substanz, die um den Centralcanal (c) liegt, und der von querdurchschnittenen Fasern punktirten weißen Substanz (i) jederseits fünf Ganglienzellen; jede hat drei Ausläufer. Einen verwendet sie zur bogigen Verbindung mit der entsprechenden Zelle in der andern Körperhälfte. Es sind dies die Commissurfasern. Von den zwei andern schickt sie die eine nach g, die andere nach e. An diesen beiden Stellen entspringen die Rückenmarksnerven zur Ausbreitung in den Körper. Jeder dieser Nerven hat also zwei Wurzeln, eine vordere (e), und eine hintere (g). Durch Experimente ist nachgewiesen, daß die vordern, bei e entspringenden Wurzeln Bewegungsnerven sind, die hintern, bei g entspringenden Empfindungsnerven. Es hat also jede Ganglienzelle des Rückenmarks einen Faden, auf dem ihr eine Wahrnehmung telegraphirt wird, einen zweiten, auf dem sie den Muskelbefehl abschickt, einen dritten, auf dem sie mit ihrem vis-à-vis correspondirt und hierzu kommt nun noch ein vierter Faden, der freilich im Querschnitt nicht gesehen werden kann, dafür aber auf dem Längsschnitt, der in Figur 26 der ersten Lieferung dargestellt ist, zum Verkehr mit dem Gehirn, der Hauptstation.

Das ist in Kurzem der mit Hülfe des Mikroskops erlangte Einblick in den wunderbarsten Theil des ganzen Thierkörpers, freilich sind noch nicht alle Verbindungen, namentlich in dem umfangreichen Gehirn des Menschen entziffert, aber wie wichtig und entscheidend für das Verständniß der speciell thierischen Verrichtungen der Empfindung und Bewegung das bis jetzt Bekannte ist, wird der Leser aus dem Vorhergesagten sich selbst entnehmen und zugleich die sichere Hoffnung daraus schöpfen, daß auch der Rest nicht mehr lange auf Aufklärung wird zu warten haben. Geduld, Ausdauer, Erfindungsgabe, Fortschritte der optischen, mechanischen und chemischen Beobachtungshülfsmittel werden schließlich zum Ziele führen.

XXVI.
Nervenendigung.

Die Untersuchungen über die Endigungen des Nervensystems werden schon seit langer Zeit mit Eifer und Beharrlichkeit getrieben, ohne daß es bis heute gelungen wäre, in allen Fällen zu einem befriedigenden Abschluß zu gelangen. Die neuesten Untersuchungen haben jedoch die Sache so weit aufgehellt, daß man die Endigungen der Nervenfäden in Zellen, wenn auch nicht als ausschließlich vorkommend, so doch als die häufigste und physiologisch wichtigste Form ansehen muß, und zwar scheint diese Endigungsweise sowohl für die empfindenden, als für die bewegenden Nerven zu gelten.

Bei den empfindenden darf man diese Endzelle in die Rindenschicht des Hautmuskelschlauchs, in die Oberhaut verlegen, natürlich ausgenommen die sogenannten höheren Sinnesorgane: Auge und Ohr, von denen wir seinerzeit bei der Betrachtung der Organe ausführlicher reden werden. Die Lage von Nervenzellen in der Epi-

dermis ist auch gewiß von physiologischem Standpunkt aus wahrscheinlich, da die Eindrücke der Außenwelt selbstverständlich immer zuerst die Zellen, die den Körper begrenzen, treffen müssen und eine Weiterleitung des Eindrucks den Zusammenhang dieser Zelle mit dem Nervensystem nothwendig macht.

Man hat in der That bei einer Reihe von wirbellosen Thieren, von Schnecken, Insecten 2c. ganz unzweifelhaft die Verbindung solcher Epidermiszellen mit dem Nervensystem durch einen fadenförmigen Ausläufer nachgewiesen. Auch für die Zellen, welche unsere Riechhaut auskleiden, ist in neuerer Zeit gezeigt worden, daß ein Theil derselben an ihrem hintern Ende direct in einen Nervenfaden sich fortsetzt, gerade so wie die stäbchenförmigen Zellen, welchen die Wahrnehmung der Lichteindrücke auf unserer Netzhaut anvertraut ist. Bei

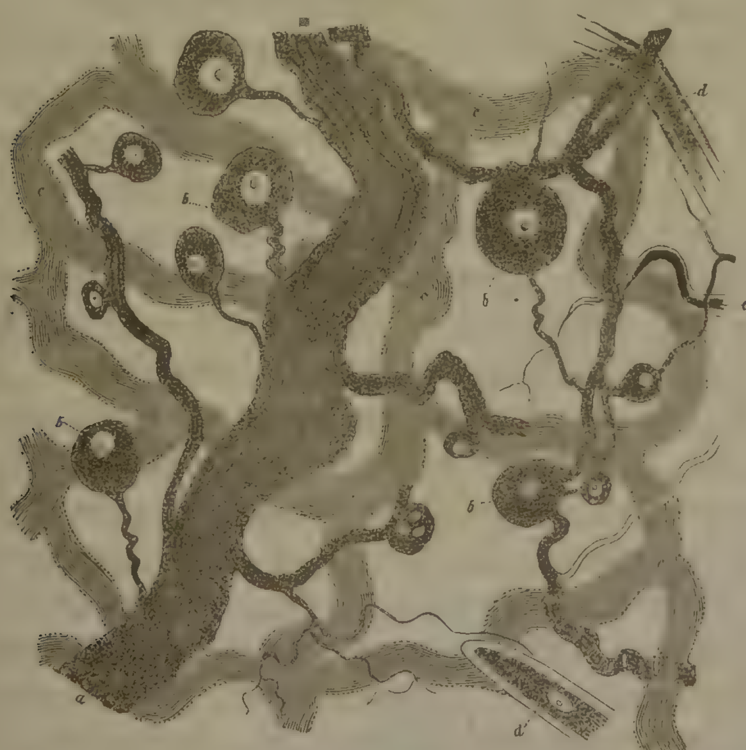


Fig. 159.

der Schilderung der Empfindungsorgane werden wir Gelegenheit finden, dies ausführlicher zu beschreiben und mit Abbildungen zu belegen.

Hier will ich nur als Beispiel für die Endigung der Nerven in Zellen, in Figur 159, die Ausbreitung des sympathischen Nerven in der Darmwand des Blutegels geben. Bei den in der Luft lebenden Thieren kommt es jedoch selbstverständlich zu einer andern Lagerung dieser Nervenendzellen. Ich habe früher schon bemerkt, daß das Leben in der Luft zweierlei Vorgänge in der Rindenschicht eines Thierkörpers hervorruft. In einem Fall producirt dieselbe eine beträchtliche Schicht von erstarrendem Zellkitt, der die Oberfläche des Körpers als sogenannte Cuticula überzieht und die darunter gelegenen Zellen vor der Austrocknung schützt; denn diese ist, da alles Zellenleben von Haus aus dem Wasser angehört, tödtlich für die Zelle. Dieser Vorgang der Cuticularbildung findet in ausgedehntester Weise statt bei den Insecten und es liegen deshalb die empfindenden Nervenendzellen unter der Cuticula. Bei dem Wirbelthier, das in der Luft lebt, tritt der andere Vorgang ein, um denselben physiologischen Erfolg zu sichern. Es vertrocknen mehrere Lagen von Zellen, um so eine schützende Schicht über die tiefer gelegenen lebenden Zellen der Epidermis zu bilden, und man unterscheidet deshalb auch an der Epidermis dieser Thiere zwei Schichten: die innerste, aus weichen kugeligen Zellen bestehende, nennt man malpighisches Schleimnetz, im Gegensatz zu der verhornten Epidermis, die aus mehr oder weniger vertrockneten todten Zellen besteht. Die Nervenendzelle kann natürlich wohl nicht in der verhornten Epidermis ihre Lage haben, sie würde ja unter der Eintrocknung ebenso functionsuntüchtig werden, wie die andern Zellen; wir finden sie dagegen dicht darunter. Diese Zellen, die man längst unter dem Namen der Tastkörperchen kennt, und von denen ich eine in nachstehender Figur 160 A abgebildet habe, zeichnen sich durch ihre bedeutende Größe und dadurch aus, daß sie aus einer großen Anzahl concentrischer Lagen bestehen, in deren Innerem der ursprüngliche Zellkörper als stäbchen- oder knopfförmiges Nervenende verborgen liegt. Figur 160 B zeigt uns eine Nervenendzellen unter der Haut, wie sie bei den wirbellosen Thieren in der Regel gefunden werden.

Erst in der neuesten Zeit hat man eine Beobachtung wieder aufgenommen, die schon vor einem Vierteljahrhundert über die Endigung der Nerven, die zur Bewegung der Muskeln bestimmt sind, gemacht wurde. Schon zu jener Zeit sah nämlich ein französischer Naturforscher, Doyère, bei jenen merkwürdigen Geschöpfen, denen wir später noch einmal eine nähere Schilderung angedeihen lassen wollen, und deren eines auf dem Titelblatt unserer ersten Lieferung dargestellt ist, den sogenannten Bär-Thierchen, daß in den Muskelfäden hügelartige, mit einem deutlichen Kern versehene Hervorragungen sich finden, aus deren Spitze ein Nervenfaden abgeht, der diesen Hügel mit dem Ganglienstrang in Verbindung setzt. Man hat diese Hervorragung den Nervenhügel der Muskelfäden genannt. Später sahen andere Beobachter auch bei anderen Thieren ähnliche Hervorragungen an der Stelle, wo ein Nervenfaden an einen Muskelstrang herantritt, und es unterliegt jetzt wohl keinem Zweifel mehr, daß das Verhältniß zwischen Nerv und Muskel, wie es bei den Bär-Thierchen beobachtet werden kann, der Grundtypus für alle Endigungen der Muskelnerven ist.



Fig. 160.

Für den, der Lust und Gelegenheit dazu hat, jenes auch sonst interessante, unter den Moosknollen der Dächer und in den Dachrinnen lebende milbenartige Wesen zu untersuchen, schicke ich die Bemerkung voraus, daß nur eine ganz eigenthümliche Behandlung im Stande ist, Nerv- und Muskelsystem dieser winzigen Thiere zur

Darstellung zu bringen. Man kocht zu diesem Zweck in einem Reagenzfläschchen Wasser, um die Luft daraus zu vertreiben, bringt dann eine Anzahl dieser Bär=Thierchen hinein und schützt das Wasser vor dem Wiedereindringen der Luft durch Darübergießen von Oel.

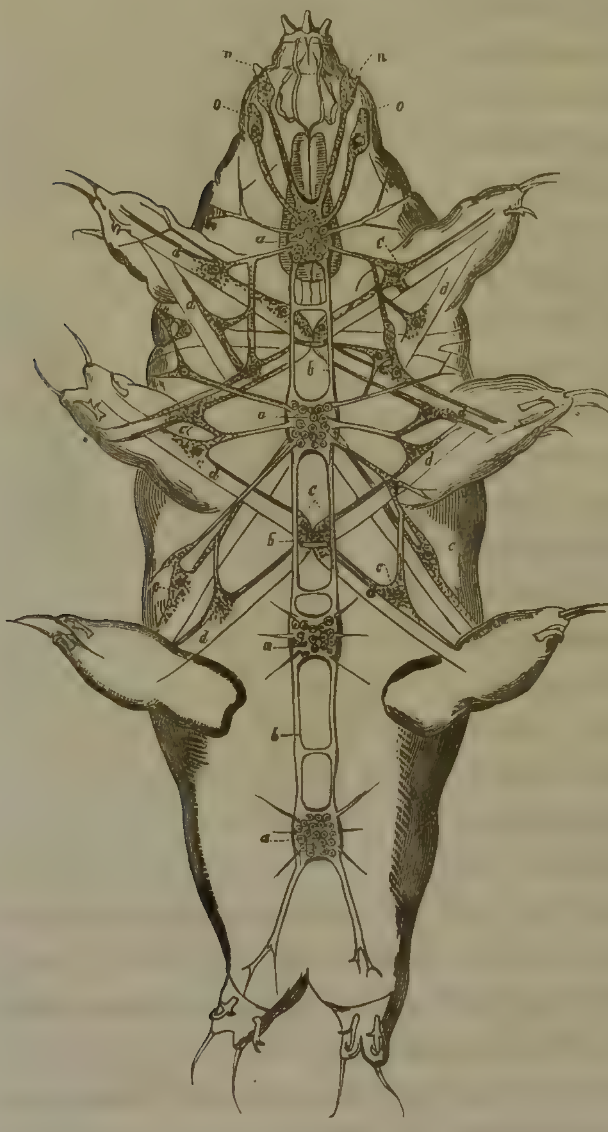


Fig. 161.

Im Verlauf von ein bis zwei Tagen sind die Thiere vollkommen erstarrt und regungslos. Dadurch sind nicht nur die, den Einblick in die feineren Structurverhältnisse so sehr störenden Bewegungen der Blutkörperchen beseitigt, es hat auch Nerven= und Muskelsystem eine Aenderung erlitten, in so fern, daß dasselbe als freilich noch zarte, aber wohlbestimmte Stränge und Fäden unterschieden werden kann. So lange das Thier in voller Lebensthätigkeit ist, läßt sich weder das eine noch das andere an ihm erkennen. Den Uebergang von dem sichtbaren in den unsichtbaren Zustand kann man sehr leicht unter dem Mikroskop beobachten, wenn man ein so erstarrtes Thierchen durch Zusetzen von lufthaltigem Wasser wieder zum Leben zurückführt. Die vorher glänzendhellen Fäden

werden immer matter und matter, bis mit Wiederherstellung der vollkommenen Bewegungsfähigkeit ihre Contouren verschwunden sind.

Die beigegebene Figur 161 stellt das Nerven- und Muskelsystem eines solchen Thierchens dar. Wir sehen in der Mitte des Körpers den Ganglienstrang als eine Art von Strickleiter, bei der die Tritte außerordentlich breit sind; es sind dies die Ganglien (a) mit ihren Verbindungssträngen (b). Im Innern der Ganglien sind blasse Zellen zu erkennen und von ihnen aus strahlen zarte Fäden, die sich an die schon erwähnten Nervenhügel (c) der Muskelfäden (d) ansetzen. Ihrer Natur nach sind diese Nervenhügel nichts anderes als wandungslose Zellen, die mit breiterer oder schmälerer Basis auf dem Muskelfaden aufsitzen, ja manchmal förmlich um ihn herumgeflossen sind, oder lange Ausläufer an ihm entlang senden. Ein solcher Nervenhügel ist also nichts anderes als die Nervenendzelle. Bei höheren Thieren hat man innerhalb der Nervenendzelle eine verzweigte Ausbreitung gesehen (siehe Fig. 162, Muskelfaden vom Kaninchen

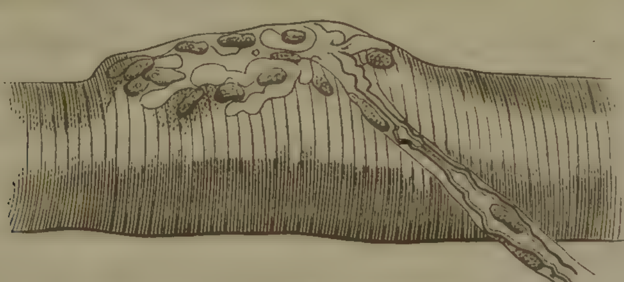


Fig. 162.

mit der Nervenendplatte), die mit einem Ende in den Axencylinder des Nervenfadens sich fortsetzt. Außerdem sieht man mehr oder weniger zahlreiche Kerne darin. Ob an der Stelle, wo die Nervenendzelle aufsitzt, die Hülle des Muskelfadens, das sogenannte Sarkolem, ein Loch besitzt, so daß es zur Verschmelzung des Inhalts von Nerv- und Muskelfaden kommt, ist noch strittig.

Recapituliren wir noch einmal kurz, so erscheint uns das Nervensystem als eine Vereinigung von Zellen, die durch langfädige Ausläufer, durch eine Art von Telegraphendrähten mit einander in Ver-

bindung gesetzt sind, und zwar nach einem ganz bestimmten, an die Lage der Bindeschicht gebundenen System. Wir unterscheiden als Ganglien die Zellgruppen, welche das Centrum des ganzen Systems bilden und in der mittleren Bindeschicht, dem Perigastrium, zwischen Darm und Leibeswand liegen, wozu bei den Wirbelthieren, entsprechend der massenhaften Dickeentwicklung ihres Hautmuskelschlauchs, noch als Gehirn und Rückenmark ein zweites, dem ersten Centrum übergeordnetes ganglienzellenhaltiges Centrum tritt. Diesen Zellen des Centraltheils entsprechen als Peripherie die sogenannten Nervenendzellen, von denen die, welche der Empfindung dienen, entweder in der Epidermis selbst liegen, oder dicht darunter, oder in der Dicke der Lederhaut. Bei den höheren Sinnesorganen tritt in so fern eine Verschiedenheit ein, als nur Auge und Geruchsorgan ganz in der Peripherie liegt, das Ohr aber tiefer, z. B. bei den wirbellosen Thieren innerhalb des Perigastriums, da natürlich die Schallwellen eine solche exponirte Stellung der empfindenden Endzellen nicht erfordern. Der Schall leitet sich ja ohne Schwierigkeit durch die Leibeswand hindurch. Die zweite Kategorie von Endzellen, nämlich die, welche der Bewegung vorstehen, gehört dem Theil des Bindegewebes an, welcher die Muskelschicht spaltförmig durchbrochen hat. Sie liegen dicht angeschmiegt an die einzelnen Muskelfäden. Als dritte Kategorie können wir vielleicht die Endigung eines Nervenfadens in eine ästige Bindegewebszelle ansehen, wobei dann, wenn diese ihre Selbstständigkeit ganz aufgiebt, eine pinselförmige Endigung (wie es Fig. 156 zeigte) erscheint.

Zu dem Vorhergesagten über den Bau des Nervensystems gehört mit Ausnahme dessen, was später über die Sinnesorgane gesagt werden soll, nur noch das, was ich auch schon früher angedeutet, daß innerhalb des Nervenrohres es zu einer Scheidung des Inhalts in einen festeren die Axe des Rohres durchziehenden sogenannten Markstrang oder Axencylinder kommt, den eine flüssigere Substanz nach außen umgiebt. Es ist also das Nervenrohr am Querschnitt ebenso concentrisch geschichtet, wie eine Zelle selbst. Bemerkt muß übrigens werden, daß in den feinsten Röhren diese Sonderung in Axencylinder

und Hüllschicht fehlt, wenigstens mit unseren heutigen Instrumenten nicht ersichtlich gemacht werden kann. Mit einigen andern Unterschieden unter den Nervenfasern in Bezug auf die Größe des Durchmessers will ich den Leser nicht behelligen, obwohl in den Handbüchern über mikroskopische Anatomie und den Detailsuntersuchungen vielfach davon die Rede ist. Es scheint aber nach den neueren Beobachtungen, daß man früher diesen Größendifferenzen mit Unrecht eine hohe Wichtigkeit beimaß, indem nachgewiesen ist, daß solche breite Nervenbänder direct in feine marklose übergehen.

Ich kann nicht umhin, am Schluß dieser Darstellung des Nervensystems dem Leser noch einmal meinen früheren Ausspruch in's Gedächtniß zu rufen, wie das Mikroskop, anstatt unser Verständniß durch weitere Häufung des Details zu erschweren, im Gegentheil das Instrument ist, welches das, dem Detail zu Grunde liegende Einheitliche und Gemeinsame erkennen läßt. Das in seinen äußeren Verhältnissen so mannigfaltige, so viel verschlungene Nervensystem, an dessen Entzifferung man früher vergeblich gearbeitet hatte, löst sich unter dem Mikroskop äußerst einfach in einige Gruppen von Zellen auf, die durch Leitungsdrähte nach einem ganz bestimmten, dem allgemeinen Bau des Thierkörpers und seinen Wachsthumsrichtungen angepaßten Plan mit einander in Verbindung gesetzt sind, und deren Zweck oder vielmehr Nutzeffect der ist, daß sämmtliche Schichten des Thierkörpers, die bei dem activen Lebensproceß betheiligt sind, von einander Kenntniß und Mittheilung erhalten können. Das Nervensystem ist also in diesem Sinn nichts anderes als ein wohlgeordnetes Telegraphennetz mit einzelnen Stationen. Wie diese mit einander arbeiten, wie das zu Stande kommt, was wir vorläufig mit metaphysischen Ausdrücken als etwas vom Thierkörper Unabhängiges, Selbstthätiges bezeichnen, das zu erörtern ist hier nicht der Ort. Vielleicht wird es mir gegönnt sein, in einer spätern Schrift den Leser in dieses Wunder aller Wunder einzuführen.

XXVII.
Sehnen und Knochen.

Ganz fertig sind wir freilich noch nicht mit der Betrachtung all der Vorkommnisse im Perigastrium, allein mit der Schilderung der Flüssigkeitssysteme und des Nervensystems haben wir bis auf einige untergeordnete häusliche Angelegenheiten, auf die wir erst später zurückkommen wollen, alles Wichtigere erledigt. Es tritt jetzt an uns die Aufgabe heran, darnach zu sehen, was denn sonst noch in den Bindeschichten geschieht, nachdem sie, wie wir gezeigt haben, einen großen Theil des Materials zum Aufbau der oben geschilderten Systeme lieferten. Dem muß aber vorausgehen eine kurze Schilderung über die Beziehungen der Bindeschichten unter einander.

Bekanntlich sind es ihrer drei: Die Lederhaut des Hautmuskelschlauchs und die Sammthaut des Darms, zwischen denen als Centrum die dritte, das sogenannte Perigastrium, liegt. Wir haben in den vorhergehenden Abschnitten gesehen, daß in dem letzteren die Centraltheile der Systeme sich entwickeln, in den ersteren die Endausbreitungen derselben. Wollen wir die Verbindung der drei Bindeschichten unter einander verstehen, so müssen wir einen Blick werfen auf das, was sie trennt. Zwischen Perigastrium und Lederhaut liegt die Muskelschicht des Hautmuskelschlauchs, zwischen Perigastrium und Sammthaut die Muskelschicht des Darms. Wenn die drei Bindeschichten mit einander in Zusammenhang treten wollen, so kann dies nur geschehen durch Unterbrechungen, welche diese beiden Muskelschichten erfahren. Nichts ist aber natürlicher, als daß solche Lücken zu Stande kommen. Sind ja doch die Zellen der Muskelschicht mit hoher Beweglichkeit ausgestattet und deshalb auch mit der Fähigkeit, sich von einander zu entfernen und Lücken zwischen sich zu lassen. In wie ausgedehntem Maßstab die Muskelzellen des Hautmuskelschlauchs von

dieser Freiheit Gebrauch machen, mag dem Leser ein Blick auf die oben in Figur 161 dargestellte Musculatur der Bär-Thierchen zeigen. Es giebt Thiere, bei denen fast jede Muskelzelle als selbstständiges Wesen — freilich an beiden Enden festhaltend — dahinzieht, so daß man ohne den Anhaltspunkt, den die Entwicklungsgeschichte bietet, gar nicht mehr veranlaßt wäre, von einer Muskelschicht zu reden.

Die Muskelzellenlage des Darms zeigt diese Erscheinung in weit geringerem Maße. Dort erhält sich selbst bis hinauf zum Menschen eine ziemlich enge Aneinanderlagerung der einzelnen Zellindividuen. Kleinere Spalten kommen aber demungeachtet auch hier vor.

Was ist es nun, das diese Lücken, die die auseinanderweichenden Muskelzellen zwischen sich lassen, erfüllt? Anfangs wohl ein freier Raum, erfüllt mit derselben Nahrungsflüssigkeit, die das Perigastrium enthält, d. h. flüssigem Zellkitt, in dem Zellen frei schwimmen. Im Lauf weiterer Entwicklung, wenn der Zellkitt fest wird und schließlich die Zellen desselben ästig auswachsen, um sich zu verbinden, werden die Lücken vom Bindegewebe erfüllt. In beiden Zuständen, ob mit Bindegewebe oder Nahrungsflüssigkeit erfüllt, stellen diese Lücken den Zusammenhang der drei Bindeschichten her. In ihnen verlaufen die Leitungsdrähte und Verbindungsröhren, welche die im Perigastrium liegenden Centraltheile der Systeme in Verbindung setzen mit ihren Endausbreitungen in Leder- und Sammthaut. Sie sind es also vorzugsweise, die ein Zusammenfassen des ganzen Thierkörpers zu einem einheitlich geleiteten Ganzen ermöglichen, und schon deshalb ist die Kenntniß ihres Vorkommens wesentlich für das Verständniß des Thierleibes. Wir müssen aber noch deshalb ihrer gedenken, weil ihre Aufgabe mit der Herstellung der Communication der Bindeschichten noch nicht erschöpft ist. Ein Theil des Bindegewebes, das diese Unterbrechungen erfüllt, tritt in Beziehung zu den Elementen der Muskelschicht, zwischen denen es hinzieht. Einmal ordnet sich dasselbe zu concentrischen Einwicklungen einzelner Muskelfäden, meist aber bindet es Gruppen derselben zusammen zu

einem Ganzen höherer Ordnung, den sogenannten Muskeln, und dabei kommt es noch zu einer besonderen Differenzirung.

An den Seiten eines solchen Paquets von Muskelbündeln bewahrt das Bindegewebe eine weiche geschmeidige Beschaffenheit. An beiden Enden aber, also entsprechend der Zugrichtung, in der die sich zusammenziehenden Muskelfäden wirken, verdichtet es sich durch weitergehende Erhärtung des Zellkittes zu dem sogenannten Sehnengewebe, wie es in der ersten Lieferung Seite 19 Figur 17 dargestellt ist. Die nachstehende Figur 163 giebt uns ein Bild des Zusammenhanges von Muskelfäden (A) und Sehnensubstanz (B). Ich muß übrigens hierbei bemerken, daß es nur im Hautmuskelschlauch zur Bildung solcher mit Sehnenenden versehenen Muskeln kommt.

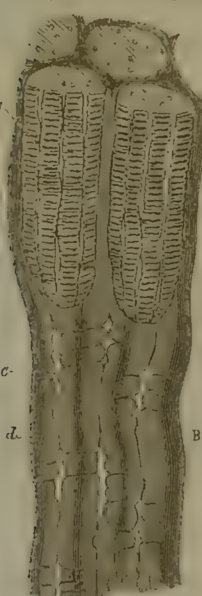


Fig. 163.

Auch die jetzt zu beschreibenden Vorgänge betreffen ausschließlich den Hautmuskelschlauch. Ich meine die, welche zum Zustandekommen des Knochensystems führen. Auch für diese sind die Bindeschichten der Sitz und das Bindegewebe liefert das Material dazu; freilich ist es, wie bemerkt, nur der Hautmuskelschlauch, der es zu diesem letzten Verhärtungsgrad seiner Bindeschichten bringt.

Will man zu einem allgemeinen Verständniß der Lage der Knochenbildungen kommen, so muß man zweierlei unterscheiden: Einmal die Verknöcherung in der Lederhaut, deren Producte man die Hautknochen nennt, und für's zweite die Knochenbildungen, welche in den bindegewebigen Unterbrechungen der Muskelschicht sich entwickeln.

Ueberblicken wir den Stammbaum des Thierreichs, so sind die Hautknochen die ersten, die erscheinen. Erst später treten die Zwischenmuskelknochen auf. Vergleichen wir die beiden mit einander, so können wir nur die letzteren ein System nennen, wobei man aber nicht übersehen darf, daß keine straffe Centralisation zu Stande kommt, wie bei den früher erwähnten Systemen, sondern nur eine An-

einanderreihung coordinirter, aus wenig Elementen bestehender Systeme. Doch davon unten.

Die Hautknochen, wo sie nicht neben einem zwischenmuskulären Knochensystem gleichzeitig vorhanden sind, sind mehr oder weniger regelmäßig vertheilte locale Verhärtungen der Lederhaut, unter denen, so verschieden sie auch an Umfang bei einem und demselben Thierkörper sein mögen, keinerlei Ueber- und Unterordnung besteht. Wo sie dicht aneinanderstoßen, nur durch schmale Nähte getrennt, wie bei den Seeigeln und Schildkröten, bilden sie einen Knochenmantel um den ganzen Körper. Wo sie durch breitere Lücken von unverknöcherter Lederhaut getrennt sind, wie bei den Seesternen, den Rochen und Haifischen (siehe Fig. 164, die die Knochenschuppe eines Rochen vorstellt), bei den Stören und Krokodilen, den Schuppen- und Gürtelthieren, da sind es mehr oder weniger regelmäßig weiter oder enger zerstreute Knochenschuppen, bestehend aus Bindegewebe, das netzförmig verbundene Knochenkörperchen in einer kalkhaltigen Grundsubstanz enthält.

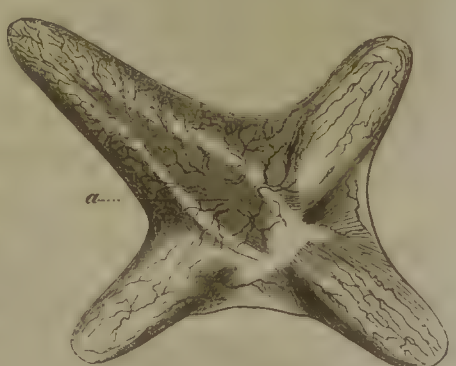


Fig. 164.

In die Kategorie der Hautknochen gehören auch noch außer den mannigfaltigen Hartgebilden der Korallen und Stachelhäuter, die ich weiter unten, wo vom Knochengewebe die Rede sein wird, schildern und abbilden will, und den Knochenschuppen mancher Wirbelthiere zwei in ihrem mikroskopischen Bau davon abweichende Gebilde, nämlich die hornartigen Schuppen der meisten Fische und die inneren Kalkschalen einiger Mollusken. Die ersteren entstehen in der Lederhaut auf eine eigenthümliche Weise. Man sieht dort stellenweise das Bindegewebe auseinanderweichen, einen schmalen Raum lassend, der sich mit einem erhärteten Zellkitt füllt, so daß ein dünnes Hornplättchen denselben einnimmt. Dieses Plättchen, der Kern der Schuppe, haftet an seiner äußeren Oberfläche fester an der Wand der Schuppentasche

als an seiner unteren, wo es unter gleichzeitiger Ausweitung der Tasche zur Anlagerung immer neuer Schichten solches erhärtenden Zellkittes kommt. Die Ausdehnung der Tasche ist am geringsten an dem Kopfende, am größten am Schwanzende und auf diese Weise müssen Gestalten zum Vorschein kommen, wie Figur 165 eine zeigt.



Fig. 165.

Es ist die Schuppe einer Scholle, a das Kopfende derselben, b das Schwanzende, c das Centrum, von dem aus die Bildung derselben stattfand.

Aehnlich gebaut sind die kleinen, in der Haut unserer nackten Wegschnecken sich findenden Schälchen und jene großen weißen Knochen in dem Hautmuskelschlauch der Tintenfische, die man im Handel unter dem Namen Ossa sepiae kennt. Auch die letzteren bestehen aus concentrischen Schichten, von denen immer eine einen größeren Umfang besitzt als die vorhergehende, aber statt daß die einzelnen Schichten dicht auf einander liegen, sind sie durch Zwischenräume getrennt und durch senkrechte in zierlichen Linien (siehe Fig. 166) geschwungene Leisten zu einem Ganzen verbunden.

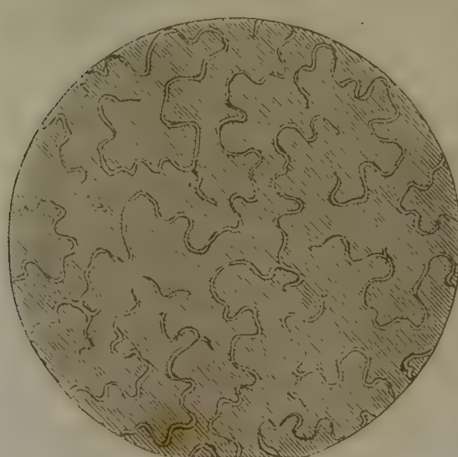


Fig. 166.

Das zwischen den Muskeln gelegene Knochensystem hat einen anderen Ausgangspunkt und zeigt eine bestimmte Gliederung. Es findet sich, wie bereits bemerkt, nur bei den Wirbelthieren (den Fischen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren). Zum Verständniß seiner Anordnung müssen wir etwas zurück in die Entwicklungsgeschichte greifen, und zwar an der Hand der schon oben bei der Bildung von Gehirn und Rückenmark benutzten Abbildung (Fig. 157). Wir haben dort ge-

sehen, wie die Embryonalscheibe, aus der das künftige Thier sich entwickeln soll, in eine rechte und linke Hälfte sich scheidet. Der Querschnitt (Fig. 157 b) belehrt uns, daß diese Trennung sich nur auf die Muskelschicht (m) erstreckt, und es ist in derselben Abbildung ersichtlich, daß zwischen die rechte und linke Hälfte dieser beiden Muskelplatten ein im Querschnitt rundes Gebilde gewissermaßen als Axe des ganzen Thierkörpers sich einlagert. Es ist das die sogenannte Chorda dorsalis oder Rückensaite, die sich bei manchen Wirbelthieren zeitlebens als ein vom Kopf bis zur Schwanzspitze reichender, aus concentrisch geschichteten Zellen bestehender Strang erhält. Figur 167 zeigt den Querschnitt einer solchen Rückensaite, wie sie sich noch im erwachsenen Zustand bei dem Knochenhecht (Polypterus) vorfindet.

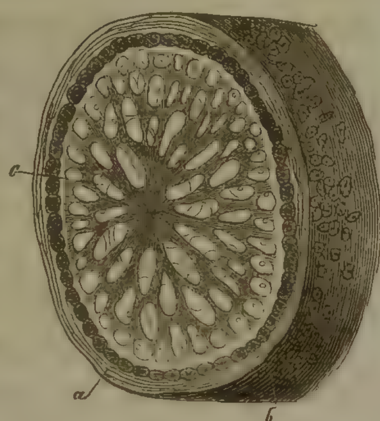


Fig. 167.

Verfolgen wir die Entwicklung eines Wirbelthiers weiter und betrachten während derselben die Embryonalscheibe von der Fläche, so sehen wir, wie die zwei Längswulste der Muskelschicht senkrecht zur Längsaxe in eine Reihe vom Kopf- zum Schwanzende hintereinanderliegender vierseitiger Plättchen zerfallen. Siehe Figur 168, in der cb die Chorda dorsalis, a die Muskelplättchen darstellt.


Fig. 168.

Die Substanz, die sich in die so entstandenen Lücken hineinlegt, ist Bindegewebe, ebenso wie concentrische Lagen von diesem Stoff die Chorda dorsalis einwickeln. Das sind die Orte, wo das Knochensystem der Wirbelthiere sich entwickelt. Betrachten wir zunächst das Centrum des Knochen-

systems. Der Ausgangspunkt für dasselbe ist die Bindegewebshülle der Rückensaite. Dort sehen wir beim Embryo auf dem Querschnitt einen Ring von Knochensubstanz sich entwickeln, durchbohrt von der Rückensaite, und zwar entstehen eben so viel Knochenringe, als Muskelplättchen-Paare neben der Rückensaite sitzen. Das Wachsthum derselben schreitet nach zwei Richtungen vor: Einmal wird der Ring immer dickwandiger durch fortwährende Auflagerung neuer concentrischer Schichten, und für's zweite wird er immer breiter in der Richtung vom Kopf- zum Schwanzende.

Bei den Fischen und den meisten Amphibien bleibt das Gebilde zeitlebens ein Ring, durchbohrt von der Chorda, vorn und hinten mit einer trichterförmigen innern Lichtung, weil die innerste Lage des Knochenringes am schmälsten ist und jede folgende sie nach hinten und vorn überragt. Bei den Reptilien, Vögeln und Säugethieren wird der Ring schließlich durch Erdrückung der Rückensaite solid.

Dieses Gebilde, das wir als Centrum des Knochensystems anzusehen haben, ist der sogenannte Wirbelkörper. Es sind ihrer eben so viele vorhanden, als Muskelplättchen-Paare. Getrennt sind sie von einander durch Bindegewebsplatten, die so wie sie Ringe vorstellen, die aber nicht verknöchern, sondern entweder die in Figur 14 auf Seite 17 der ersten Lieferung abgebildete Structur des Knorpelgewebes erhalten, oder mehr die in Figur 17 auf Seite 19 der ersten Lieferung abgebildete Structur des Sehnengewebes. Im erstern Fall bilden sie frei bewegliche ringförmige Zwischengelenkknorpel (besonders ausgebildet an der Halswirbelsäule der Vögel), im letztern Fall verwachsen sie mit den beiden einander zugekehrten Flächen der knöchernen Wirbelkörper als sogenannter Faserring, wie wir ihn als elastisches Polster zwischen den Wirbelkörpern unseres eigenen Rückgrates finden.

Am vorderen und hinteren Ende des Körpers kann es zu einer Verschmelzung dieser Centraltheile kommen, und so bildet sich vorn das Grundbein des knöchernen Gehirnschädels, hinten das Kreuzbein; inzwischen aber im Bereich von Hals, Brust und Lende, sowie am

Schwanz, bleiben diese Centraltheile unabhängig im Verhältniß der Coordination mehr oder weniger frei beweglich in einer Linie an einander gereiht. Deswegen, sagte ich, kommt es beim Knochensystem nicht zu einer so straffen Organisation, wie bei den andern Systemen. Wohl lassen sich die einzelnen Wirbelkörper den einzelnen Ganglien des Ganglienstranges vergleichen, aber die Bestandtheile des Ganglienstranges sind weit abhängiger von einander als die einzelnen Wirbelkörper.

Doch, nun zum zweiten Theil des Knochensystems. Er entwickelt sich in den bindegewebigen Scheidewänden zwischen den einzelnen Muskelplättchen. Um zum Verständniß derselben zu gelangen, müssen wir noch einmal einen Embryo auf dem Querschnitt betrachten.

Wir haben früher gesehen und in Figur 157 B und C dargestellt, daß die Muskelplättchen eine Entwicklung nach zwei Richtungen hin erfahren. Einmal wachsen sie in ein Bogenpaar aus, das den Leibesraum sammt dem Darmcanal umfassend in der Bauchnaht sich vereinigt, es sind dies die sogenannten Bauchbogen. Ein zweites kürzeres Bogenpaar schlägt den entgegengesetzten Weg ein: es umwächst jene Rinne, die wir früher als den Beginn des Rückenmarks beschrieben haben, und indem sich diese Rückenbogen über ihr vereinigen, verwandeln sie jene Rinne in eine geschlossene Röhre. Beide Vereinigungen, die der Bauchbogen in der Bauchnaht und die der Rückenbogen in der Rückennaht, sind aber keine vollständigen Verschmelzungen der Muskelschicht; es bleibt zwischen ihnen eine Scheidewand aus Bindegewebe.

Genau denselben Entwicklungsgang machen natürlich die bindegewebigen Scheidewände zwischen den Muskelplättchen mit, und so kommen wir zu der zweiten Kategorie von Knochenelementen: Zwischen den Bauchbogen entwickeln sich die Rippen, zwischen den Rückenbogen die sogenannten Wirbelbogen, in der Bauchnaht die einzelnen Stücke des Brustbeins und in der Rückennaht als Schlußstück der Wirbelbogen die sogenannten Dornfortsätze. Wenn ein Wirbelkörper mit zwei Wirbelbogen und einem Dornfortsatz zu einem Knochen

verwächst, dann kommt das zu Stande, was wir einen Wirbel nennen.

Die dritte Gruppe von Knochen ist eine Abzweigung der Rippenbogen: entweder kommt es zu umfangreicheren seitlichen Hervorknospungen, Armen und Beinen, oder nur zur Bildung kurzer, den Rippen ansitzender Seitenfortsätze, den sogenannten Rippenhacken, wie wir sie am Skelett der Vögel kennen.

Dies ist in Kurzem die Gliederung des Knochensystems, und wir hätten dabei nur noch zu bemerken, daß die Schildkröten beinahe die einzigen Thiere sind, bei denen dieses Knochensystem mit den Hautknochen verwächst, und recapitulirend das in's Auge zu fassen, daß nur Wirbelkörper, Rücken- und Bauchbogen und in letzter Instanz Arm- und Beinknochen in einem Abhängigkeitsverhältniß zu einander stehen, daß also das Knochensystem eines Wirbelthieres nicht ein einheitliches System ist, sondern eine Kette reihenförmig aneinandergesetzter kleiner Systeme.

XXVIII.

Das Knochengewebe.

Das Knochengewebe verdient aus verschiedenen Gründen eine nähere Erörterung. Der Hauptgrund ist der, daß es uns bei der mikroskopischen Prüfung des Thierkörpers unter sehr verschiedenen Formen entgegentritt, und der zweite Grund, daß eben das Knochengewebe es ist, das unter allen Bestandtheilen eines Thierkörpers die höchste Dauerhaftigkeit besitzt, und deshalb uns auch dort noch begegnet, wo das Leben längst erloschen ist. Wir finden seine Reste da und dort in jenen Schichten unserer Erdrinde, die aus gestorbenen Organismen aufgebaut sind. Wenn man eine Eintheilung der Ge-

webe, die man hierher rechnen darf, vornehmen will, so kommt man sowohl auf chemischem, als auf morphologischem Wege zu einer Zweitheilung. Chemisch kann man unterscheiden zwischen Knochengeweben, bei denen die unorganische Einlagerung der Hauptmasse nach phosphorsaurer Kalk ist, und solchen, bei denen kohlensaurer Kalk die Hauptrolle spielt. Die ersten stimmen darin überein, daß dieses Salz keine bestimmten, mit dem Mikroskop sichtbaren Formen bildet, während dieses bei dem kohlensauren Kalk ausnahmslos der Fall ist. Nimmt man den Querschliff eines Zahnes (siehe Fig. 169) unter

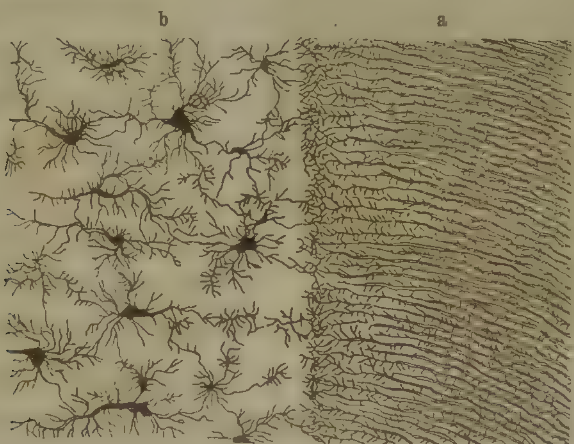


Fig. 169.

das Mikroskop, so erblickt man an ihm keine andern Bestandtheile, als das zarte Netz von Zellen, die im sogenannten Elfenbein (siehe a) langgestreckt, röhrenförmig mit seitlichen Ausläufern dahinziehen. Im Zahncement bei b sind sie mehr centrirt, und mit mannigfach verästelten, nach allen Richtungen gehenden Canälchen besetzt. Die zwischen diesem Canalsystem eingelagerte Zellkittmasse zeigt keinerlei Formbestandtheile; sie besitzt ein einfaches, mattes, fein punktirtes Ansehen, das sich auch dann nicht ändert, wenn man mit einer Säure den phosphorsauren Kalk entfernt. Es bleibt nach dem Auszug des Salzes ein aus leimgebender Substanz bestehender knorpelig weicher Zellkitt zurück. Fast das gleiche Bild giebt das Gewebe der Knochen im engern Sinn, an dem man nur noch, wie es Figur 170 darstellt, eine Zusammensetzung aus concentrischen Lamellen

parallel den Ernährungsheerden (äußere Oberfläche und Markräume) wahrnimmt.

Ganz anders ist es aber bei dem Knochengewebe, das kohlensauren Kalk enthält, und sich ausschließlich nur bei den sogenannten wirbellosen Thieren findet. Das Ansehen und die Verhältnisse sind dort so verschieden, daß viele Anatomen dieses Gewebe gar nicht zu dem Knochengewebe rechnen. Der kohlensaure Kalk tritt immer in ganz bestimmten, mit scharfen Contouren versehenen, abgegrenzten Gebilden auf, die man aus dem Ganzen des Thierkörpers durch Kochen mit kaustischen Laugen, die das weiche, nicht verknöcherte Gewebe auflösen, sehr leicht isoliren und zur mikroskopischen Anschauung bringen kann.



Fig. 170.

Die allerersten Anfänge dieses Knochengewebes beobachtet man z. B. bei den Bandwürmern, wo man kleine, concentrisch geschichtete kugelige Kalkkörperchen zerstreut im Gewebe findet. Complicirter schon



Fig. 171.

sind die Gebilde, die wir beispielsweise bei den Hornkorallen sehen (siehe Fig. 171 und 172). Dort sind die Kalklagerungen spindel-

förmig, mit mehr oder weniger entwickelten zapfigen Auswüchsen versehen, die äußerst zierliche Bilder für das Mikroskop gewähren. Durch Verschmelzen derselben entstehen die soliden kalkigen Korallenstöcke. Auf einer weiteren Entwicklungsstufe treffen wir die Kalkeinlagerungen bei einer Abtheilung von Thieren, die zu den Stachelhäutern gehören, den sogenannten Holothurien oder Seewalzen. Dort (siehe Fig. 173) entstehen durch Zusammentreten mehrerer vierstrahliger, oder richtiger sechsstrahliger Elemente — weil das dritte Strahlenpaar von oben nach unten sich entwickelt — rädchenförmige Gebilde. Die höchste Entwicklungsstufe zeigen aber die Seeigel und Seesterne,



Fig. 172.

indem dort eine große Anzahl dieser primären kalkigen Elemente zusammentreten zur Bildung eines oft die allerzierlichsten Formen zeigenden Netzes aus Kalksubstanz. Für den, der sich des Mikroskops bedient, um behagliche Gemüths- oder Augenergötzung zu treiben, giebt es kaum ein lohnenderes Feld, auf dem man zierlicheres Dessin, größere Abwechselung der Figuren findet, als die verschiedenen knöchernen Gebilde der Seeigel, Seesterne und Schlangensterne; und da ich voraussetzen darf, daß mancher meiner Leser

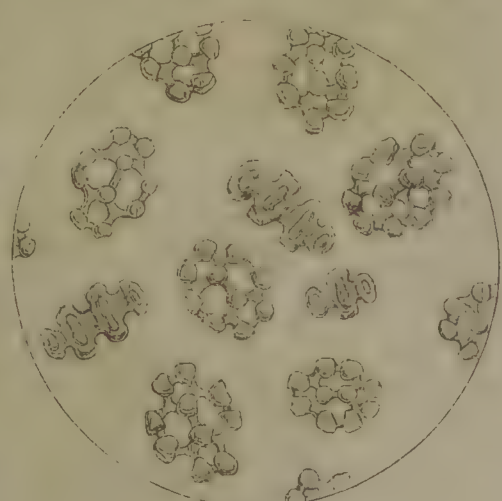


Fig. 173

daran ein Vergnügen findet, so habe ich hier Einiges aus der reichen Welt dieser Hartgebilde beigesetzt.

Allerliebste Gebilde sind die in Figur 174 abgebildeten Kalkanker der Seeklette, eines Thieres, das zu den Stachelhäutern gehört und auf schlammigem Seegrunde lebt. Diese Anker sind mit ihrem einen knopfförmigen Ende auf den zarten durchlöcherten Plättchen, die unter der Oberhaut in der Bindeschicht liegen, beweglich eingelenkt

und das Ende mit den Ankerhacken steht frei aus der Haut hervor. Mit Hülfe dieser Hacken hängt das Thierchen, das im ausgedehnten Zustand etwa so dick wie ein Bleistift ist, dergestalt fest an



Fig. 174.

seiner Umgebung, daß man es immer nur in einzelnen Bruchstücken mit dem Schleppnetz zu Tage fördern kann. Noch kein Naturforscher kann sich rühmen, eine vollständige Seeklette gesehen zu haben, das längste Stück, unter Hunderten die ich selbst aus der Tiefe gezogen, war anderthalb Finger lang.

Nicht minder zierlich, aber weit umfangreicher sind die gleichfalls über die Oberhaut hervorragenden gestielten Kalkkörper der Seesterne (siehe Fig. 175). Auch ihnen liegt ein gefenstertes Kalkplättchen in der Lederhaut zu Grunde,

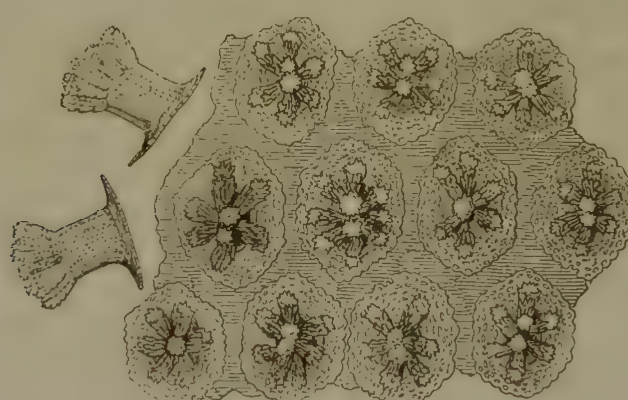


Fig. 175.

von diesem erhebt sich in der Mitte eine die Oberhaut durchbohrende Säule, die an der Spitze einen mehrstrahligen halb geöffneten Stern aus gefensterter Kalksubstanz entwickelt. Von Haus aus liegt wohl dieses ganze Gebilde unter der Oberhaut, es geht ihm aber wahrscheinlich später so wie den Geweihen der Hirsche, die auch nach

vollendetem Wachsthum durch Absterben der sie überziehenden Lederhaut blosgelegt werden.

Die umfangreichste Entwicklung erfahren die Lederhautknochen bei den Seeigeln. Das gefensterte Plättchen der Seekletten und Seesterne entfaltet sich zu einer dicken vieleckigen Knochenplatte und zwar geht dies so weit, daß diese Platten dicht mit ihren Nachbarn zusammenstoßen und so eine förmliche Knochenschicht rings um den ganzen Körper an die Stelle der Lederhaut tritt. Ausgenommen davon bleibt nur ein kleiner Kugelabschnitt rund um den Mund und ein gleicher rund um den After; dort sind die Knochenplatten noch durch breitere Räume von unverknöcherter Lederhaut getrennt. Ja, bei den Schildigeln geht diese Wucherung noch weiter, die Platten treiben Zapfen an ihrer Innenfläche, die sich da und dort über den Weichtheilen des Perigastriums zusammenwölben, so daß diese förmlich in das Innere der Knochenplatten aufgenommen werden. Gleichzeitig entwickelt sich das zweite Element dieses Lederhautskelettes zu umfangreichen Stacheln. Bei Diadema calamaris, einem Seeigel des rothen Meeres, dessen Körper kaum so groß ist wie ein Apfel kleinster Sorte, sind die Stacheln nahezu fußlang, kaum so dick wie ein Zündhölzchen und äußerst zerbrechlich, aber eine wahre Fundgrube schöner mi-

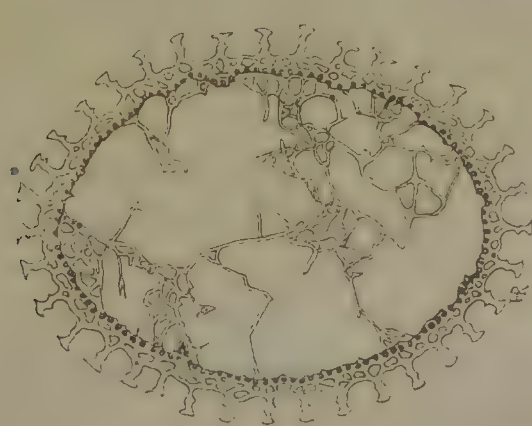


Fig. 176.

kroskopischer Bilder, eines zierlicher als das andere. Figur 176 stellt einen Querschnitt in der Nähe des festgewachsenen Endes dar. Ein

zartes gefenstertes Kalkhäutchen mit auf Leistchen außen aufsitzenden Schuppen umgiebt die im mittleren Verlauf des Stachels freie Höhle, die an beiden Enden von einem Anfangs weitmaschigen, gegen die Spitzen engeren unregelmäßigen Balkengewebe aus Kalkranken durchzogen wird. Bei andern Seeigelgattungen sind die Stacheln solider, fast ganz aus Kalk gebildet, den nur ein zartes Maschennetz von Hohlräumen durchzieht, sie geben ein Bild wie Figur 177.

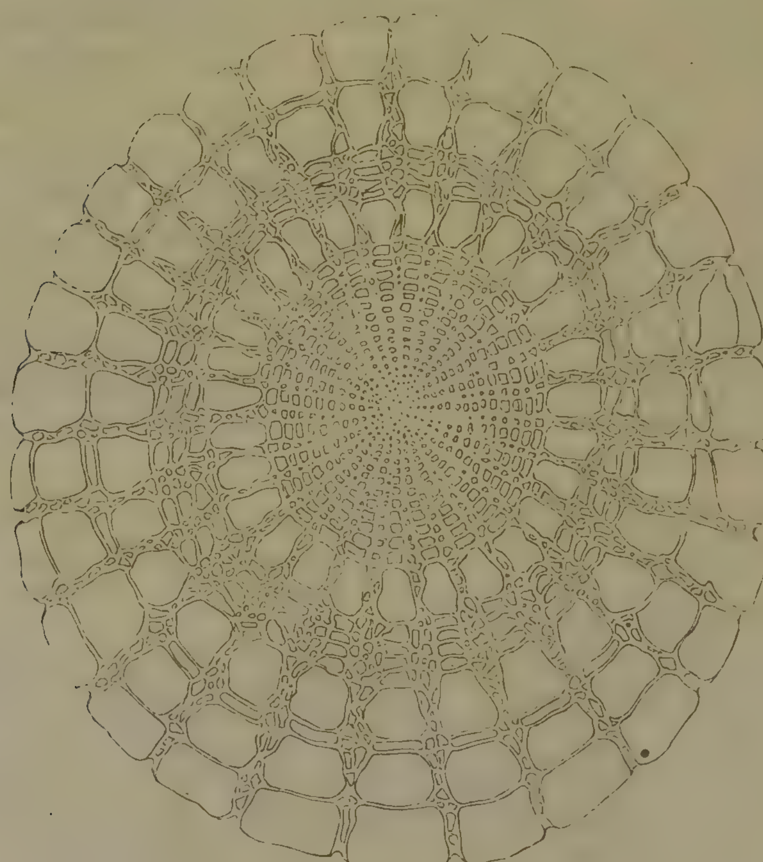


Fig. 177.

Um die Mündung des Wassercanalsystems, das den Leib der Stachelhäuter durchzieht, entstehen eigenartige Kalkplatten von einem wunderbar schönen Ansehen, — namentlich bei den Seesternen — wenn man sie unter schwacher Vergrößerung bei auffallendem Licht betrachtet. Natürlich muß man sie vorher durch Auskochen in Kalilauge

von allen Weichtheilen reinigen. Man erblickt dann eine alabaster- glänzende Fläche mit labyrinthförmig verschlungenen, tief geschnittenen Furchen, in deren Grund feine Oeffnungen von innen her ausmünden (siehe Fig. 178), man heißt das Gebilde Madreporenplatte.



Fig. 178.

Wer aufmerksam alle diese Bildungen überblickt, wird trotz der Mannigfaltigkeit doch eine gewisse Regelmäßigkeit nicht verkennen. Die Grundlage ist auch in der That eine äußerst einfache. Für alle diese Kalkbildungen müssen wir uns als Ausgangspunkt einen kugeligen Körper denken, ungefähr so, wie er bei den Bandwürmern zeitlebens bleibt. Eine weitere Entwicklung geschieht nun in der Weise, daß in zwei oder drei auf einander rechtwinklig stehenden Richtungen ein Auswachsen dieses ursprünglichen Körpers stattfindet. Sind es nur zwei Richtungen, so bekommen wir ein vierstrahliges Sternchen, und wenn eine große Anzahl solcher vierstrahliger Sternchen, die in einer Fläche liegen, mit einander sich verbindet, eine durchlöcherte Kalkplatte, wie wir das beispielsweise in Figur 174 gesehen haben. Kommt es dagegen zur Bildung von zwei neuen Sternspitzen, von denen die eine nach aufwärts, die andere nach abwärts von dieser Fläche wächst, so entsteht ein vierkantiges, nach allen Richtungen ausgedehntes Maschennetz. Wenn wir ein solches Maschennetz durchschneiden, erblicken wir auf jedem Knotenpunkt als Querschnitt dieser senkrechten

Sternstrahlen eine kreisförmige Figur. Dies ist der Schlüssel für das Verständniß der Querschnitte von Seeigelstacheln u. s. w. Natürlich, denn wenn es nicht zu einer allseitigen Verbindung aller dieser sechs Strahlen kommt, oder wenn diese Strahlen ungleiche Länge besitzen und ungleiche Dicke, so wird das Dessin im Großen und Ganzen die größte Mannigfaltigkeit aufweisen können, aber der Grundcharakter bleibt doch überall der gleiche; und für Jeden, der gewöhnt ist, in einer Mannigfaltigkeit das sie beherrschende Gesetz zu erkennen, wird sich die Grundgestalt immer außerordentlich leicht abheben.

Wer einmal in der freien Natur das Zusammenleben der Thiere gesehen hat, wie es sich im Meer da findet, wo nach dem früher Gesagten die Bedingungen zur Kalksteinbildung vorhanden sind, wer gesehen hat, wie dort zwischen einer reichen Fauna von Wurzelfüßern und Schwämmen eine große Menge von Seesternen, Seeigeln, Schlangensternen, Holothurien u. s. w. sich herumtreibt, der wird es begreiflich finden, daß in unsern Kalksteinen, die zum größten Theil aus Wurzelfüßern bestehen, auch eine Menge von geformten Kalktheilchen sich finden werden, die dem Knochengewebe dieser Stachelhäuter entstammen; sind diese ja ebenso wenig und ebenso viel zerstörbar, als die aus kohlensaurem Kalk aufgebauten Schalen der Wurzelfüßer, und wenn auch nicht ganze Schalenstückchen sich erhalten, wenn diese durch Wellenschlag und Reibung zerkleinert werden, so wird man doch noch da und dort die Grundelemente des sie zu-

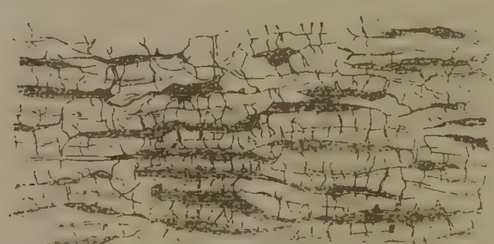


Fig. 179.

sammensetzenden Knochengewebes leicht wieder erkennen. Deshalb ist für Jeden, der sich mit dem Studium der Mikrogeologie befaßt, die Kenntniß des Knochenbaues der Stachelhäuter ein unentbehrlich Ding.

Als Anhang zu der Schilderung des Knochengewebes der Thiere gehört noch eine kurze Erwähnung der entsprechenden Bildungen im Pflanzenkörper. Wie wir bereits früher gesehen haben, spielt unter den verhärtenden Stoffen des Pflanzengewebes die Kieselsäure eine große Rolle, außerdem kommen aber in den knochenharten Hüllen mancher Früchte noch eine Reihe von unorganischen Stoffen vor, sowohl alkalische als Erd- und Metallsalze. Das Ansehen solcher Schalen ist in hohem Grade dem des Knochengewebes ähnlich (siehe Fig. 179 von der Coquillanuß), sternförmige Zellen mit mannigfachen Ausläufern, die einen verhärteten Zellkitt durchziehen, wie die Knochenzellen den Knochen, bestimmen auch hier das mikroskopische Aussehen. Allein es scheint hierbei nicht zur unmittelbaren Communication der röhrigen Auswüchse zu kommen, wir müssen uns vielmehr das Schema der Verbindung so denken, wie in dem schwammigen Gewebe der Binse (siehe Fig. 180), wo die Ausläufer der sternförmigen Zellen blindgeschlossen an einander stoßen. Man kann deshalb auch bei den Pflanzen nicht in dem Sinne von Bindegewebe sprechen, wie bei den Thieren, obwohl das Aussehen oft sehr ähnlich ist.

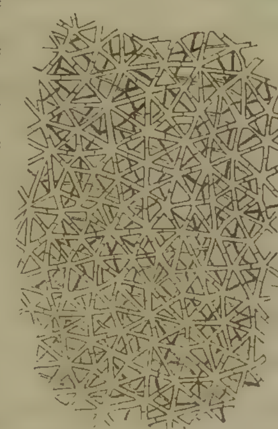


Fig. 180.

XXIX.

Die Bewegungsfreiheit des Thierkörpers.

Wieder sind wir an einem jener Punkte angelangt, wo ein sammelnder Ueberblick über das bisher Besprochene unabweisliches Bedürfniß ist, wo alle die Wege, die wir im Lauf der Einzelbe-

trachtung gewandelt sind, wieder zusammenführen müssen auf einen Punkt, von dem aus ein Verständniß über das Ganze sich eröffnet. Wir haben gesehen, daß die ersten Gesetze, die sich die zu einem Staatswesen zusammentretenden Zellen selbst dictiren, oder, wenn man will, die ihnen von den Verhältnissen, unter denen sie leben, dictirt werden, die einer Ordnung in concentrische Schichten sind. Ueber die Natur dieser Schichten haben wir erfahren, daß ein Theil derselben geschlossene Lagen von Zellen sind, in denen Nachbar an Nachbar grenzt, während andere Hohlräume vorstellen, von Nahrungsmedien oder Nahrungsflüssigkeiten erfüllt. Für das Thier fanden wir als charakteristisch das Auftreten eines solchen Raums im Centrum, zu dem die Nahrungsmittel freien Zutritt haben, einer Darmhöhle. Die Schichten des Leibes erblickten wir in einer Lagerung, die uns zeigte, daß die Darmhöhle für die Ernährung der Zellen eine ähnliche Rolle spielt, wie die Nahrungsmittel, die die äußere Körperoberfläche umspülen: An beiden Seiten begrenzte sich der Körper durch eine Rinde. Unter ihr entwickelte sich beiderseits Anfangs unmittelbar, später unter Zwischenschaltung einer Bindeschicht eine Lage von Muskelzellen, ausgestattet mit freier Bewegung und dazu gleichweit von beiden ernährenden Oberflächen entfernt. Eine centrale Lage von Ernährungsflüssigkeit, enthalten in einem ringförmigen, von uns Perigastrium genannten Raum, der durch seine centrale Lage den Körper in zwei gleichgebaute Abschnitte trennt, den inneren: Darmschlauch, und den äußeren: Hautmuskelschlauch.

In den vorhergehenden Abschnitten schilderten wir eine Reihe von Entwicklungsvorgängen in jener Nahrungsflüssigkeit, durch welche umfangreiche und wichtige Gebilde geschaffen wurden, bestimmt, die Interessen aller Staatsmitglieder zu centralisiren. Nicht ohne Grund haben wir uns länger bei der Beschreibung dieser Regierungsorgane des Zellstaates verweilt, sind sie ja doch die Elemente, welche die von jeher für die größten Wunder gehaltenen bewußten, auf bestimmte Ziele gerichteten Selbstständigkeitsäußerungen des Organismus und seine scheinbare Unabhängigkeit von den äußeren Verhältnissen her-

vorbringen. Das letztere ist's, über was ich dem Leser ein kurzes Plauderstündchen vorschlagen möchte.

Auch ohne weitläufige Erörterung wird es Jedem sofort einleuchten, daß der erste Act der Befreiung eines Organismus von dem Zwang der äußeren Lebensbedingungen in der Bildung des Nahrungsraums, der Darmhöhle, besteht. In dem Moment, wo ein Zellstaat in seinem Innern ein Nahrungsmagazin, einen gefüllten Staatsschatz einrichtet, kann er so lang, als dieser Vorrath reicht, auf einen Theil des Verkehrs mit der Außenwelt verzichten, ist also für diese Zeit unabhängiger als ein Wesen, welches ohne Vorrathskammer fortwährend von der äußeren Umgebung abhängt. Damit ist aber nur der Anfang der Befreiung gegeben. Erst dann, als das System der Nahrungsflüssigkeiten auch die Zellen des Hautmuskelschlauchs in Verbindung mit dem im Innern gelegenen Nahrungsreservoir setzte, ihre Ernährung nicht mehr ausschließlich abhängig war von den ihre äußere Oberfläche bespülenden flüssigen Nahrungsmitteln — erst dann erhielt der ganze Organismus jene freie Beweglichkeit innerhalb der Außenwelt, wie sie ein wohl ausgerüstetes und gut verproviantirtes Heer besitzt. Ohne Gefahr kann ein solcher Zellstaat feindliche Gebiete durchdringen, feindlich insofern, als sie keine Nahrung für ihn enthalten.

So sehen wir denn auch bei einem Ueberblick über das Thierreich, daß diejenigen Wesen, welche noch kein Nahrungsflüssigkeitssystem besitzen, wie die Korallenthiere, pflanzenartig festgewachsen sind. Erst die Ausbildung der Flüssigkeitssysteme, wie sie bei den Würmern, Mollusken und Stachelhäutern auftritt, versetzt den Organismus in die Schlagfertigkeit, die allein einen Ortswechsel möglich macht.

Um jedoch den Ortswechsel in wirksamer Weise zur Ausführung zu bringen, bedurfte es des Erscheinens eines Nervensystems. Wer einmal die Bewegungen sogenannter Pflanzenthiere, also beispielsweise der Korallenthiere, beobachtet hat, dem wird unmöglich entgangen sein, daß sie etwas Pflanzenähnliches an sich haben. Sie beschränken sich auf die Ausdehnung und Zusammenziehung und gleichen dem Oeff-

nen und Schließen mancher Blumen, je nachdem die Sonne sie bescheint, oder Schatten sie bedeckt. Sie sind nichts anderes als die Folge von Stimmungszuständen, die ihrerseits wieder abhängig sind von der Nahrungszufuhr. Wie schön sieht man dies beispielsweise daran, daß ein solcher Polyp einen Theil seiner Fangarme fröhlich entfaltet, während die anderen mißvergnügt als schlaffe Bänder flottiren, daß ein Theil des Leibes sich energisch, stramm ausdehnt, während der andere in träger Verdauungsruhe verharrt. Jeder Theil handelt dort, wie es ihm gerade zu Muthe ist. Noch ist nicht jene Solidarität der Interessen hergestellt, die wir Gemeingefühl nennen und die den einen Theil verhindert fröhlich zu sein, während der andere trauert. Das zu leisten ist die Aufgabe des Systems der Nahrungsflüssigkeiten. In dem Augenblick, wo alle Zellen gleichmäßig ernährt werden, verschwindet die Ungleichheit der Stimmungszustände und der Erfolg ist auch ein Verschwinden aller jener ungleichartigen, sich widersprechenden Bewegungen. In dem Augenblick, wo alle Zellen denselben Stimmungszustand besitzen, sind sie auch befähigt, gleichmäßig zu handeln. Das sind die Vorbedingungen zur Ortsbewegung. In ihnen liegt die Möglichkeit, einem Commando zu folgen, das alle Zellen nach gleicher Richtung dirigirt.

So lange das Commandowort der ersten Zelle, die von dem Bewegung erzeugenden Impuls der Außenwelt zuerst getroffen wird, noch leicht von Hand zu Hand auf alle Betheiligten sich fortpflanzen kann, da braucht es gerade noch kein Nervensystem, aber es wird auch ohne dasselbe zu nichts weiterem kommen können, als zu einem trägen Fortschleichen, wie wir es bei einigen Arten von den Meerpolypen sehen. Wer diese Art von Kriechen beobachtet, auf den wird es denselben Eindruck machen, wie das Ziehen einer Schafheerde. Der ganze Schwarm folgt den Bewegungen eines Leithammels. Es ist nicht uninteressant, sich das näher zu besehen. Wenn eine ruhende Schafheerde sich in Bewegung setzen will, so macht der Leithammel den ersten Schritt; ist das geschehen, so folgen die zunächst hinter ihm stehenden Schafe; ihr erster Schritt ist also gleichzeitig mit dem zweiten

Schritt des Leithammels. Hat das zweite Glied den ersten Schritt gemacht, so folgt das dritte Glied, dessen erster Schritt gleichzeitig ist dem zweiten des zweiten Gliedes und dem dritten Schritt des Commandirenden, und der Leser kann sich das leicht vervollständigen; jedes folgende Glied kommt um einen Schritt später als das vorhergehende. Die Wirkung ist, daß die Schafheerde in dem Moment, wo sie den Marsch beginnt, in der Marschrichtung in die Länge gezogen wird. Beim Haltmachen ist natürlich das Umgekehrte der Fall. Der Leithammel steht zuerst, das zweite Glied vollendet den bereits begonnenen Schritt, rückt also dem Leithammel auf den Leib. Das dritte Glied hält erst, wenn es das zweite zur Ruhe gekommen sieht, und so geht es fort, bis sich die ganze Heerde in die ursprüngliche Stellung vor Beginn des Marsches zusammengeschoben hat.

Als Gegensatz hierzu betrachte man eine Colonne marschirender Soldaten: sie wird beim Marschiren und Haltmachen gleiche Länge besitzen, weil alle zu gleicher Zeit antreten und zu gleicher Zeit innehalten. Genau derselbe Unterschied besteht zwischen einem kriechenden Polypen und einer kriechenden Schnecke. Der erstere dehnt sich beim Abmarsch und schiebt sich beim Halten zusammen; die letztere nicht, sie folgt dem Commando des Nervensystems.

Der Leser wird bei diesem Vergleich fragen, wie denn eigentlich die Bewegung veranlaßt wird, wer beim Polypen den Leithammel macht. Die Antwort ist einfach: die Zelle oder Zellpartie, die von einem Bewegung erzeugenden Eindruck zuerst getroffen wird, übernimmt die Führung. Wenn z. B. einen Meerpolypen eine Strömung sauerstoffreicheren Wassers trifft, so wird die Seite des Leibes, die diesem Strom zugewandt ist, und zwar die Stelle, die von ihm am vollsten getroffen wird, zuerst sich ausdehnen und allmälig die Bewegung fortschreiten über den ganzen Umfang des Körpers. Das Resultat ist ein Kriechen dem Strom entgegen. Da, wo das Nervensystem fehlt, sind ringsum alle Zellen, welche von Bewegungsimpulsen getroffen werden können, gleich, und ebenso die hinter ihnen liegenden bewegungsfähigen Zellen. Es kann also jede der ersteren

den Leithammel machen und deshalb ein Polyp nach jeder Seite kriechen. Anders, wo ein Nervensystem vorhanden ist.

Wir wollen uns die Vorgänge bei einem solchen Thier genauer betrachten. Die Bildung des Nervensystems beruht nach dem oben Gesagten darin, daß fädige Stränge von Zelle zu Zelle die Functionen von Telegraphendrähten übernommen haben, um den Stimmungszustand, in dem die eine sich befindet, der andern mitzutheilen; jedoch braucht nicht jede Zelle mit der andern durch einen Faden verbunden zu sein, die Organisation ist vielmehr ganz so, wie die einer Armee. Nur ein Theil der Zellen steht in diesem Rapport, sie lassen sich den Unterofficieren vergleichen, während die andern, von der Verbindung ausgeschlossen, die Soldaten vorstellen. Das Centrum des Nervensystems commandirt nicht alle Soldaten. Wie es genügend ist, wenn die Unterofficiere die Hornsignale des Commandeurs verstehen und dieselben der Mannschaft übersetzen, so sind in einem Organismus nicht sämmtliche Muskelfäden mit Nervenleitungsdrähten versehen, es genügt, daß der Befehl an Einen telegraphirt wird, um die nächstliegenden zu einer, freilich nicht absolut, aber doch nahezu gleichzeitigen Bewegung zu veranlassen.

Dasselbe gilt in noch höherem Maße von den ausgestellten Vorposten, die die Wahrnehmungen der Außenwelt zu empfangen haben. Auch da ist wieder der Vergleich mit einer marschirenden Armee der passendste. Vorn an der Spitze liegt das Ziel der Marschrichtung, dort werden in Gestalt der höheren Sinnesorgane Recognoscirungscorps aufgestellt, während an den Seiten einzelne Vorposten genügen. Es sind das die über die ganze Haut zerstreuten Empfindungszellen. Dieser Apparat ist vollkommen genügend, um das Hauptquartier von den Vorkommnissen in der Außenwelt in Kenntniß zu erhalten, damit es die richtigen Befehle zur Bewegung ertheilen kann.

Wie es geschieht, daß die vom Nervensystem commandirten Bewegungen eben so sicher entsprechend der Richtung des Bewegungsimpulses erfolgen, ist leicht einzusehen. Die Meldung eines Eindruckes geschieht von der Stelle des Thierkörpers am stärksten und lau=

testen, wo der Eindruck zuerst und am directesten trifft; um aber zu begreifen, wie nun auch die Bewegung sich dahin richtet, muß eine Eigenthümlichkeit im Bau der höheren Thiere erwähnt werden, von der ich bisher noch nicht gesprochen habe, und über deren Werth man sonderbarer Weise nirgends eine Andeutung zu lesen bekommt. Es ist dies der sogenannte symmetrische Bau. Der Leser kann ihn an sich selbst studiren. Er besteht darin, daß alle Theile des Körpers, die mit der Außenwelt in Beziehung treten, doppelt vorhanden sind, mit andern Wörten, daß der Körper aus zwei gleichen Hälften besteht, aus einer rechten und einer linken. Am ausgesprochensten ist dies an dem Hautmuskelschlauch, weil er es ganz allein ist, welcher den directen Verkehr mit der Außenwelt unterhält, während der Darmcanal hiervon nicht berührt wird. Trifft nun eine Empfindung z. B. die rechte Körperhälfte, so wird in Folge der inneren Verbindung, die durch das Nervensystem zwischen den Empfindungs- und Bewegungs-Apparaten der einen Körperhälfte hergestellt ist, eine Zusammenziehung der Muskeln zuerst und am kräftigsten in der getroffenen rechten Körperhälfte erzeugt, und die Folge ist, daß das Thier sich nach rechts dreht. Die Zusammenziehung der rechten Hälfte wird so lange stärker bleiben als die der linken, bis die Stellung erreicht ist, bei der die Eindrücke der Außenwelt beide Körperhälften gleich stark treffen. Ist dieser Gleichgewichtszustand eingetreten, dann werden beide Hälften gleich stark agiren und die Folge wird sein: eine directe Bewegung in der Richtung, von woher der erste Eindruck kam, oder unter Umständen in der entgegengesetzten, wenn der Eindruck statt anziehend abstoßend wirkt.

Dieser Bestimmtheit in den Bewegungen der symmetrisch gebauten Thiere steht die mehrseitige Bewegungsfähigkeit der Strahlenthiere z. B. der Seesterne gegenüber als ein offenbar niedriger Zustand, bei dem es nie zu der Energie der Bewegungen kommen kann, wie bei den symmetrisch gebauten. Ein Seestern besteht z. B. aus fünf (oder auch mehr) ganz gleichen Theilen, den sogenannten Strahlen oder Armen, jeder trägt an seiner Spitze ein Auge (siehe Fig. 181). Bei einem

kriechenden Seestern sieht man immer den Strahl vorausgehen, der direct von einem Bewegungsimpuls aus der Außenwelt getroffen wurde. Er hat die Führerrolle übernommen und die vier andern Strahlen

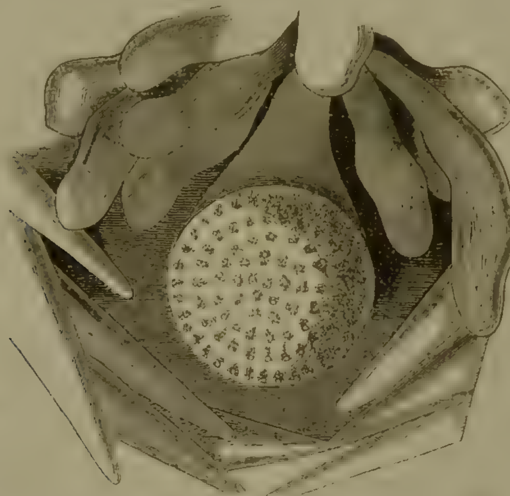


Fig. 181.

haben sich ihm zeitweise untergeordnet als seitliche symmetrische Bewegungsorgane. Trifft nun mitten im Marsch einen Seestern ein Sinneseindruck, stärker als der vorangegangene, in der Richtung eines andern Armes, so übernimmt der letztere die Führerrolle. Die Marschrichtung wird winklig gebrochen, der alte Führer dem neuen untergeordnet, wie bei einem Feldherrnwechsel. Die Folge davon ist aber immer ein vorhergehender Stillstand, bis allen den Hunderten von Ambulacralfüßchen die neue Ordre telegraphirt ist, und so macht das Gehen des Seesterns den Eindruck einer Art planlosen unentschiedenen Hin- und Hermarschirens, wie das der Reichsarmee im Vogelsberg.

Es stehen fünf Commandanten an der Spitze, von denen der eine nur von Fall zu Fall und nicht ohne Widerstreben der andern seinen Willen durchsetzt. Deshalb ist auch das Strahlthier, dieser Bundesstaat mit gleichberechtigten monarchischen Spitzen, schlecht dazu angethan, in der Welt eine Rolle zu spielen. Die fällt denen zu, bei welchen ein richtiges Gleichgewicht zwischen Rechts und Links,

zwischen zwei sich die Wage haltenden Parteien den Staat in der Resultante der schief auf einander wirkenden Bestrebungen vorwärts treibt, sobald diese letztern trotz aller Divergenz in einem Punkt — der Erhaltung des Staatsganzen — convergiren.

Brechen wir damit unsern Rückblick auf den Zellstaat ab. Wir haben seine Entwicklung verfolgt, ausgehend von dem frei in den Wäldern lebenden Jäger, der sich um nichts bekümmert als seine persönliche Beute: Es war dies die einzelne frei lebende Zelle, das Infusorium. Dann sahen wir die Zellen zusammentreten als gleiche mit gleichen zur Bildung socialer Phalansterien; wir verfolgten allmälig seine Ausbildung zu einem kräftigen energischen Staatswesen und sahen, daß diese bedingt war durch eine vorhergehende sorgsame Cultivirung der materiellen Interessen, durch Anlegung von Verkehrswegen und Nahrungsreservoiren, bis schließlich ein mit Telegraphen-Apparaten ausgestattetes und dadurch allgegenwärtiges Regierungsorgan Alles zusammenband und es umgestaltete zu einer schlagfertigen Armee, in der jeder einzelne dem Willen der Gesammtheit sich unterordnete; es bleibt uns jetzt noch eine Aufgabe, uns näher in dem häuslichen Leben der Zellen umzusehen, nach der politischen Seite auch die sociale zu berücksichtigen, von Haus zu Haus, von Werkstätte zu Werkstätte zu wandern, und dort zu sehen, wie die einzelnen Zellen im Staatsganzen dort dies, da jenes arbeiten, wie sie zusammentreten, um kleine Werkstätten, große Fabriken zu bilden, kurz, wir haben noch eine Aufgabe: zu zeigen, wie die sogenannten Organe des Thierkörpers nichts anderes sind als Zusammentretungen einzelner Zellgruppen zur Verrichtung eines bestimmten Theils der Arbeit, deren Resultat die Erhaltung des Staatsganzen ist, und dieser Betrachtung seien die nächsten Abschnitte gewidmet.

XXX.
Die Organe.

Hat einer meiner Freunde schon eine geologische Zeichnung gesehen, die in senkrechtem Durchschnitt den Bau der Erdrinde darstellt? Dort gesehen, wie die Schichten verschiedenartiger Erden und Gesteine stellenweise zu beträchtlicher Dicke anschwellen, an andern Orten wieder fadendünn auslaufen? Dasselbe wird er finden, freilich nicht in so großen Excursionsweisen, wenn er einen Thierkörper oder einen Theil desselben durchschneidet. Die Schichten, aus denen, wie ich im früheren Abschnitt gezeigt, die Organismen in Folge eines allgemeinen Gesetzes gebaut sind, halten nicht überall die gleiche Dicke ein. Es kommt da und dort — wenn auch seltener zu vollkommenen Störungen des Zusammenhangs — so doch zu einer solchen Verwischung der ursprünglichen Schichtung, daß man mit einer einfachen Schilderung der Schichten nicht mehr zu einem vollkommenen Verständniß des ganzen Thierkörpers gelangt, ja, daß Jemand, der nur das erwachsene Thier zum Gegenstand seiner Betrachtung nimmt, kaum begreift, mit welchem Recht man einen Thierkörper ein concentrisch geschichtetes Wesen nennen kann. Ehe wir diese Verhältnisse uns klar machen und die wichtigsten Veränderungen der einzelnen Schichten im Detail überblicken können, ist noch kurz früher Gesagtes zusammenzufassen.

Dreierlei Schichten sind es, die den Körper der Thiere zusammensetzen: Rindenschichten aus kugeligen, cylindrischen oder plättchenförmigen Zellen, jede selbstständig für sich, nur ausnahmsweise anders als durch einfache Verlöthung mit Zellkitt verbunden; Muskelschichten, zusammengesetzt aus beweglichen Zellen, die bei der weitaus größten Mehrzahl der Thiere zu langen Schläuchen, den sogenannten Muskelfäden, auswachsen; und drittens Bindeschichten aus vielgestaltigen meist sternförmig ausgewachsenen Zellen mit großer Menge Zellkitt, zwischen

ihm die Zelle bald einzeln, bald durch ihre Ausläufer zusammengehängt.

Wir haben weiter gesehen, daß eine regelmäßige Aufeinanderfolge dieser Schichten das ganze Thierreich beherrscht, daß die Rindenschichten die oberflächlichsten Lagen des Körpers bilden und zwar nicht nur außen, sondern auch in jenem mittleren Hohlraum, den wir als Lichtung des Darms kennen gelernt haben. Unter ihnen liegen die Bindeschichten und am tiefsten im Innern des Körpers verborgen sind die Lagen der Muskelzellen.

Ein ringförmiger Spalt trennt ferner den Leib der Thiere, denen wir eine höhere Organisation zusprechen, in einen Darmschlauch und einen Hautmuskelschlauch, jeder zusammengesetzt aus drei Schichten: Rinde-, Bindeschicht und Muskellage. Der Darm trägt seine Rinde nach innen (das Epitel), seine Muskellage auf der äußern, dem Perigastrium zugewendeten Seite. Die Leibeswand dagegen trägt außen die Oberhaut als Grenzschicht gegen die umgebenden Medien; die Muskellage wendet sich nach innen ebenfalls gegen das Perigastrium. Wenn wir uns einen systematischen Namen machen wollen für Darm- und Hautmuskelschlauch, so können wir sie Schichtengruppen nennen, weil jeder zusammengesetzt ist aus drei, in bestimmter Ordnung gruppirten verschiedenartigen Schichten.

Vergleichen wir die verschiedenen Schichten in Bezug auf ihre allmälige Entwicklung mit einander — ein Vergleich, der einerseits an der Hand der Entwicklungsgeschichte des Individuums gehen muß, andererseits an der Hand der Entwicklungsgeschichte der ganzen Thierwelt — so sehen wir eine auffallende Verschiedenheit zwischen den Schicksalen der Muskelschicht und der beiden anderen; wir können sagen: Die Muskelschicht wirkt wie eine Art von Eruptionsgestein, sie ist das active Element, das die Höhlungen und Einsenkungen auf der Oberfläche unseres Körpers bedingt, während die zwei andern, die Bindeschicht und die Rinde, sich nur als eine Art von passivem Ueberzug verhalten. Dem entsprechend kommt es auch zu einem innigen Band zwischen Rinde- und Bindeschicht. In Folge der mannig-

faltigen Verschiebungen, die die Muskeln im Lauf ihres Wachsthums während ihrer fortdauernden Bewegungen erfahren, wird der Zusammenhang zwischen ihnen und der Bindeschicht ein lockerer, während die Verbindung der Rinde mit dem darunter liegenden Bindegewebe inniger bleibt. Am höchsten ausgebildet ist dieses Verhältniß im Hautmuskelschlauch der Säugethiere und Vögel. Jedermann ist es bekannt, wie leicht die beiden äußeren Schichten des Körpers bei diesen Thieren zu entfernen sind; können sie ja doch schon durch Einblasen von Luft von einander abgehoben werden, ja bei manchen Vögeln, z. B. beim Fregattvogel wird von dem Thier selbst im normalen Zustand Luft zwischen Haut und Körper eingepumpt, so daß die erstere als ein mit warmer Luft gefüllter Ballon den Vogel schwebend erhält.

Aus diesem Grund haben wir einen landläufigen Namen geschaffen für die zwei obersten Schichten der Leibeswand, den Namen Haut. Bei unsern weiteren Schilderungen behalte man wohl im Auge, daß die Haut nicht eine der drei Schichten ist, sondern gebildet wird aus den beiden äußeren. Wir haben deshalb auch bei unserer bisherigen Darstellung die Bezeichnung Hautmuskelschlauch für die äußere Schichtengruppe gewählt. Diese Abhebung der Haut von der Muskellage ist, wie schon gesagt, das Resultat der höheren Selbstthätigkeit, welche die letztere besitzt. Diese wird wiederum dadurch hervorgebracht, daß die Muskelzellen durch ihre Versetzung unter so gleichmäßige Lebensbedingungen, d. h. unter Bedingungen, wo die Ernährung rund um die ganze Zelle herum nahezu gleich ist, einen höhern Grad von Selbstthätigkeit gewinnen. Sie leben unter ähnlichen Verhältnissen wie eine Amöbe, nahezu so, wie ich sie früher schilderte, als ich von den Zellen sprach, die in der Ernährungsflüssigkeit schwimmen. Der Zwang, sich den äußeren, d. h. denjenigen Verhältnissen anzubequemen, die jenseits der Oberhaut in Luft und Wasser herrschen, ist für sie nahezu aufgehoben. Von ihrem individuellen Standpunkt aus betrachtet, leben sie als eine Art von Schmarotzern in einem von den Zellen der Haut gelieferten künstlich geschaffenen

Medium. Das versetzt sie in die Lage, die Fesseln zu sprengen, in welche die concentrische Schichtung den Organismus geschlagen hat. Sie gewinnen eine ähnliche Freiheit der Gruppirung, wie wir sie beispielsweise bei den Zellen der Seeschwämme finden, die, weil die ganze Colonie von dem umgebenden Seewasser in feinen Porencanälen durchzogen wird, in nahezu planloser Gruppirung sich aneinanderlegen können.

Was nun aber auch in der Muskelschicht geschieht, ob sie sich trennt, ob sie stellenweise zu bedeutender Dicke anschwillt oder zapfenartig in die Höhe wächst, allen diesen Bewegungen folgt passiv die Haut durch Senkung oder Hebung. Sie verhält sich all dem Gestaltwechsel gegenüber ungefähr so, wie die Decke von Dammerde, die die Oberfläche unserer Erde überzieht, sie spielt die passive Rolle einer Rinde.

Es ist beim Thierreich noch nicht ganz genau ermittelt, was den Anstoß zu solchen einseitigen Wucherungen in den Muskelschichten giebt. Beim Pflanzenreich ist das etwas besser untersucht und man darf wohl aus der Analogie den Schluß ziehen, daß es beim Thierreich ebenso sich verhalte. Demgemäß wäre der Vorgang ungefähr so: Sobald die Muskelzellen jenen Selbstständigkeitsgrad erlangt haben, von dem ich oben sprach, treten sie in ein ähnliches Verhältniß zu einander, wie unabhängige Wesen im Haushalt der Natur. Es beginnt eine Art von Kampf um's Dasein, der zur Folge hat, daß da und dort eine Zelle, bevorzugter als die andere, die Oberhand gewinnt. Durch raschere Stoffaufnahme und häufigere Wiederholung des Theilungsprocesses bringt eine solche Zelle es dahin, in der ursprünglich gleichmäßigen Muskelschicht einen kleinen Staat im Staat zu produciren, eine Colonie, bestehend aus ihrer Nachkommenschaft.

Der Erfolg ist natürlich einfach der, daß dort eine Verdickung der Schicht erfolgt, weil die Muskelzellen im Großen und Ganzen durch ihre Verwachsungen insoweit in ihren Bewegungen gehemmt sind, daß sie sich nicht mehr in eine gleichmäßige Lage ausbreiten können. Man kann sich nun denken, daß da, wo mehrere benach-

barte Zellen gemeinschaftlich ein solches Uebergewicht über die andern gewinnen, es zu einer flachen, hügelförmigen Verdickung der Muskelschicht kommt, während dann, wenn wirklich eine einzige Zelle es ist, die die Führerrolle übernimmt, ein zapfenförmiger Auswuchs, überzogen von der Haut, auf der Oberfläche des Körpers erscheint, um sich zu einem Arm, einem Bein, einem Flügel, einem Fühlhorn, einem Legstachel 2c. zu entwickeln.

Wie wir weiter unten sehen werden, darf die vorstehende Schilderung nicht so genommen werden, daß die Muskellage immer das ausschließliche Vorrecht zu solchen Wucherungen besitzt, das ist nur da der Fall, wo die Haut aus kaum mehr als zwei Zelllagen besteht; wo die Oberhaut aus einer größeren Anzahl über einander geschichteter Zellen zusammengesetzt ist, wie bei den Wirbelthieren, da kommen auch an ihr zahlreiche Wucherungen vor; doch wie gesagt davon weiter unten.

Wenden wir unser Augenmerk auf den Darmschlauch, so finden wir dort ein etwas anderes Verhältniß. Einmal kommt es dort nicht zu einem solchen Mißverhältniß in der Dickeentwicklung der einzelnen Schichten, andererseits scheint es nicht die Muskelschicht zu sein, die die active Rolle spielt bei der Hervorbringung besonderer Wucherungen, dort sind es im Gegentheil die Rindenzellen — die Zellen des Epitels — welchen gegenüber die beiden andern Schichten mehr nur die Rolle des passiven Begleiters spielen. Durch partielle Wucherung entstehen Fortsätze des Epitels, die wurzelartig in die Dicke der darunter liegenden Schichten eindringen, sie vor sich herschieben und ausstülpen, und es ist für die Schichtenwucherungen des Darms namentlich bei den höheren Thieren charakteristisch, daß sie weit mehr als die der Leibeswand die ursprünglich concentrische Anordnung verwirren, freilich nicht so, daß man sie nicht überall im einzelnen Theil wieder erkennen könnte.

Um die Betrachtung vollständig zu machen, müssen wir uns noch daran erinnern, daß in dem Spalt zwischen Darm und Leibeswand, im sogenannten Perigastrium, Zellen von noch höherer Selbst-

ständigkeit sich vorfinden, von denen ein Theil sich zusammenschloß, um die Systeme herzustellen. Bei der Schilderung dieser letztern fanden wir einen ähnlichen concentrischen Bau, wie er an Darm und Leibeswand zu beobachten ist, auch eine Abwechselung von Rinde, Bindeschicht und Muskellage. Es kann nun auch hier zu einer Störung der regelmäßigen concentrischen Schichtung kommen dadurch, daß die eine oder andere der Schichten partielle Wucherungen producirt. Endlich muß noch erwähnt werden, daß nicht alle Zellen des Perigastriums zur Bildung der Systeme verbraucht werden. Am auffallendsten ist das bei den Thieren, die sich mit Verwandlung entwickeln, in dem Raupenstadium. Dort bleibt nahezu der größte Theil aller Zellen des Thierkörpers als sogenannter Fettkörper im Perigastrium liegen, ein unthätiges Leben führend ohne weitere Entwicklung durchzumachen, blos dem Geschäft der Fortpflanzung obliegend, bei dem sie durch fortgesetzte Theilung neue Zellen produciren. In geringerem Maßstab ist dies bei sehr vielen Thieren der Fall, wobei es dann aber doch zu einer gesetzmäßigen Gruppirung der Zellen kommt, bei concentrischer Schichtung, die auch wieder durchbrochen und gestört werden kann.

Alle diese Vorgänge, die auf einer localen Wucherung der Schichten beruhen, sind insofern wichtig, als sie das Thier in den Stand setzen, die Arbeit, die es zu vollführen hat, um sein Dasein zu erhalten, zu theilen. Es überträgt bestimmte einzelne Verrichtungen solchen untergeordneten Zellgemeinden geradeso, wie im Leben des Menschen einzelne Individuengruppen zusammentreten, um bestimmte Verrichtungen des menschlichen Haushalts zu übernehmen.

Die aus der Betrachtung der höheren Thiere, und speciell aus der des Menschen entnommene Beobachtung dieses Sachverhalts hat in die Lehre vom Thier- und Pflanzenkörper ein Wort eingeführt, das oft Anlaß zu einem Mißverständniß gegeben hat, ich meine das Wort Organ. Man betrachtete solche örtliche Zellgemeinden ganz mit Recht als Werkzeuge einer bestimmten Verrichtung, und in diesem Sinn nannte man sie, und nennt sie noch Organe (ὄργανον

d. i. Werkzeug). Wir müssen uns jedoch dabei stets vor Augen halten, daß es in einem Thier- und Pflanzenkörper nicht Werkzeuge giebt in dem Sinn, wie wir in den technischen Wissenschaften und im täglichen Leben todte Werkzeuge besitzen; sonst verfallen wir in dasselbe Mißverständniß, das so lange die Kenntniß des organischen Lebens verhinderte. Ich will es versuchen, den Leser auf den richtigen Standpunkt zu bringen.

Dieser geht davon aus, daß jede Zelle ein selbstthätiges Wesen darstellt, welches alle die Verrichtungen ausführt, die der Thierkörper im Ganzen besitzt. Die Lebensvorgänge lassen sich zurückführen auf Stoffaufnahme, Stoffabgabe und die im Innern der Zelle stattfindende Zersetzung, die im Wesentlichen darauf hinausläuft, daß einfachere chemische Stoffe zunächst übergeführt werden in complicirtere und diese letzteren wieder zerfallen in einfachere.

Die Wirkung von Stoffaufnahme und Stoffabgabe ist entweder die Erhaltung eines Gleichgewichtszustandes, oder sie führt zu einer Vergrößerung — die meistens mit einer Theilung der Zelle endet — oder einer Verkleinerung derselben.

Die Wirkung des Stoffumsatzes hat, wie jeder chemische Vorgang, entweder die Absorption von Kraft zur Folge, oder die Entbindung solcher. Ich will dies dem Leser an zwei einfachen Experimenten, die er sich leicht wiederholen kann, klar zu machen versuchen. Man löse irgend ein Salz, Kochsalz, oder noch besser eine Mischung von Glaubersalz und Bittersalz, in Wasser auf, und messe die Temperatur des Wassers vor Beigabe des Salzes und während der Auflösung; man wird finden, daß das Wasser sich bedeutend abkühlt, in manchen Fällen sogar bis zum Gefrieren. Da der Physiker die Wärme eine Kraft nennt, so sagt man: Hier wird Kraft verschluckt, sie verschwindet, oder mit andern Worten — sie wird gebunden. Läßt man das Salz aus der Lösung wieder heraus krystallisiren, so erwärmt sich die Lauge gerade um so viel, als früher bei dem Auflösen Wärme verschwunden ist; es wird also beim Auskrystallisiren Kraft frei.

Kehren wir zurück zum Leben der Zelle. Dort ist's ebenso, und im Thierkörper sind die chemischen Vorgänge in den Zellen im Großen und Ganzen der Art, daß Kraft frei wird. Daher kommt einmal die thierische Wärme. Da jedoch die Kraft sich nicht blos als Wärme äußern kann, sondern auch als electrische Bewegung, als Licht, ferner als mechanische Bewegung, so haben die Bewegungen in den Muskelzellen, die Strömungen in den Nervenfäden und das Leuchten mancher thierischer Zellen die gleiche Veranlassung, und es hängt nur von verschiedener Beschaffenheit des Zellinhaltes ab, ob in dem einen Fall die Kraft nur als Wärme auftritt, im andern als Nervenströmung oder endlich als Licht oder als Muskelbewegung. Außerdem ist auch im Auge zu behalten, daß selten nur eine Gattung der Kraftäußerung erscheint. Gewöhnlich tritt neben Nervenströmung, mechanischer Bewegung und Licht als constanter Begleiter auch Wärme auf; aber natürlich dies um so weniger in dem Maaß, als neben ihr die frei gewordene Kraft auf eine andere Weise sich äußert.

Machen wir die Nutzanwendung unserer Betrachtung für einen Thierkörper, bestehend aus einer Vielzahl von Zellen, wobei wir noch das in Betracht ziehen müssen, was ich seinerzeit über die Lebensgeschichte der einzelnen Zellen gesagt habe, so ist der Sachverhalt folgender: In einer Zellcolonie müssen wir unterscheiden zwischen todten und lebenden Zellen. Werkzeuge in dem Sinn, wie wir dieses Wort im täglichen Leben gebrauchen, sind nur die todten Zellen, also die Fettzellen, verkalkte Zellen rc. Alle andern sind selbstthätige Glieder eines Staatswesens, von denen jedes einzelne, sei es nun Nerven- oder Muskel- oder Blutzelle, gehöre es zu einer Drüse oder was immer für einem Gebilde, ebenso gut ißt und trinkt, verdaut und arbeitet, unter Umständen sich auch vermehrt, wie jeder Mensch, sei er Schuster oder Schneider, Bürger oder Bauer. Der einzige Unterschied, der zwischen ihnen allen besteht, ist der, daß nicht alle das Gleiche arbeiten und nicht alle gleich arbeiten, aber die oben angeführten Grundverrichtungen sind bei allen dieselben.

Um ein Beispiel anzuführen, so hat man seinerzeit dafür ge-

halten, daß die thierische Wärme producirt wird durch Verbrennungsprocesse, die in dem Athmungsorgan stattfänden. Man hat die Lunge für das gehalten, was in einem Haus der Ofen ist. Das ist eine falsche Vorstellung. Wärme erzeugen sämmtliche lebendige Zellen des Organismus und die Lunge spielt nur insofern eine besondere Rolle dabei, als sie der Ort ist, wo ein Theil des Feuerungsmaterials, der Sauerstoff der Luft, in größerer Menge in den Organismus eindringt, um im Blut allen wärmeproducirenden Zellen zugeführt zu werden, und zugleich wieder der Ort, wo der größte Theil eines bestimmten Verbrennungsproductes, der sogenannten Kohlensäure, wieder aus dem Körper entfernt wird. Schon der Umstand, daß auch die äußere Oberfläche des Körpers dem Sauerstoff Zutritt in das Innere gestattet und auf ihr auch eine Ausdünstung von Kohlensäure erfolgt, daß also auch die Haut athmet, muß uns verhindern, die Lunge ohne weiteres Athmungsorgan zu nennen. Diese Bezeichnung ist nur insofern richtig, als die Lunge in dieser Beziehung mehr leistet, als die Haut.

Weiter haben die Physiologen durch Experimente bewiesen, daß die Verbrennung des Muskelstoffs zu Harnsäure ꝛc. an der Wärmeproduction einen noch viel größeren Antheil hat, als die übrigen Verbrennungsprocesse. Kurz, je weiter die Physiologie auf dem Weg des Experiments vorschreitet, um so mehr sind wir gezwungen, unsere alten Vorstellungen, wonach der Körper eine Zusammensetzung aus Organen sei, ähnlich wie eine Maschine, zusammengesetzt aus einzelnen Rädern, Hebeln, Wellen ꝛc., zu verlassen. Der Organismus ist ein Gemeinwesen von einzelnen Individuen, die nach dem Gesetz der Arbeitstheilung zusammen wirken. Wenn wir uns jetzt einen Thierkörper vergegenwärtigen, so werden wir sofort einsehen, warum ein so eigenthümlicher Bau vorhanden ist, warum ganze Kategorien von Zellen unter einander gleichwerthig dastehen, während andere gruppenweise zusammentreten, um einen Staat im Staate zu bilden, eine Organisation in der Organisation. Wenn ich den oft gebrauchten Vergleich mit dem Staatsleben wieder anwenden will, so ent-

spricht die Gruppirung der Zellen in Schichten der Eintheilung eines Menschenstaats in Stände, und jene localen Zellwucherungen, von denen ich oben sprach, und die wir in der Folge genauer schildern wollen, sind zu vergleichen etwa mit den Fabriken, in denen von Angehörigen aller Stände eine bestimmte Arbeit verrichtet wird. Wie an einer Fabrik alle Stände vertreten sind, die Intelligenz und der Arbeiter, so sind auch in jenen speciellen Organen alle Schichten vertreten: Muskel-, Bindegewebe und Rindenschicht. Aber ebenso-wenig, als ein Staatsgemeinwesen aus lauter Fabriken besteht, kann der Zellstaat aus lauter Organen bestehen und so ist auch aus diesem Grund die alte Vorstellung, die man sich vom Thierkörper machte, eine nicht ganz passende.

Nach dieser Erörterung, die ich den Leser stets gegenwärtig zu halten bitte, und um so mehr, als sie mit landläufigen Anschauungen im Widerspruch sich befindet, können wir uns an eine Schilderung der wichtigsten Werkstätten im Thierkörper begeben, weil der, der von diesen Voraussetzungen ausgeht, durch diese Schilderung nie dahin geführt werden wird, über dem Detail das Ganze aus dem Auge zu verlieren. Der Gang, den ich bei meiner Darstellung von dem mikroskopischen Bau der Organe gehen will, ist einfach vorgezeichnet durch das Schema, das ich von dem Thierkörper überhaupt am Anfang dieses Abschnittes gab. Wir werden schildern die Organe des Hautmuskelschlauchs, dann die Organe des Darms, drittens die Organe der Systeme, und endlich viertens jene gleichsam vergessenen Zellhaufen im Perigastrium, weil auch sie Anlaß geben zur Bildung von bestimmten Werkstätten, in denen thierische Arbeit verrichtet wird.

XXXI.
Hautorgane der Gliederthiere.

Ein altes Sprichwort sagt: An den Federn erkennt man den Vogel, und das ist richtig. Die Gebilde, die auf der Haut sprossen, erreichen den höchsten Grad von Mannigfaltigkeit unter Allem, was ein Thierkörper an und in sich producirt. Wie leicht wird es zu bestimmen, von welchem Vogel eine Feder, von welchem Thier ein Haar stammt, gegenüber den Schwierigkeiten der Bestimmung, welcher Thierart ein Knochenstück, trotzdem daß diese durch die Festigkeit ihrer Umrisse alle Weichtheile übertreffen, angehört. Welchen Reichthum in Farbe, Form, Modellirung und Dimension zeigen alle die Kleider, in die der Thierkörper sich hüllt. Nicht minder zierlich erscheint ihr Bau unter dem Mikroskop. Wir müssen dabei wesentlich unterscheiden, von welcher Schicht der Haut, die wir als zusammengesetztes Gebilde kennen gelernt haben, ein solcher Auswuchs stammt, und nicht minder interessant ist es zu sehen, wie die Entwicklung desselben vor sich geht. Bei den Gliederthieren, also den Würmern, Insecten und Krebsen, sowie bei den Schnecken entstehen die Borsten, Haare, Hacken und wie sie alle heißen, wesentlich durch eine Verdickung der sogenannten Cuticula über einem Fortsatz, in den eine Zelle des Oberhäutchens ausgewachsen ist. Es sind deshalb diese Gebilde in der Regel hohl, wie man es am schönsten an den Haaren der Raupe sieht. Auf der äußern Haut dienen alle diese Auswüchse weniger dem Schutze des ganzen Körpers gegen Temperaturunterschiede; sie scheinen, wie man's namentlich deutlich bei manchen Insectenlarven wahrnehmen kann, als Tastgriffel zu dienen. Man sieht nämlich bei diesen Thieren an der Stelle, wo das Haar der Haut entspringt, eine Nervenendzelle liegen, und es ist klar, daß Berührungen der steifen Borsten von dieser Nervenendigung wahrgenommen werden

müssen. Nach dem, was wir neuerdings über die Endigungen der empfindenden Nerven wissen, ist es höchst wahrscheinlich, daß man sich das Zustandekommen der Haare der Gliederthiere in folgender Weise zu denken hat. Eine Oberhautzelle treibt an ihrem freien Ende sowohl als an dem entgegengesetzten einen Endfaden. Der innere setzt sich in Verbindung mit dem Ausläufer einer Nervenzelle, der andere ragt frei auf der Körperoberfläche empor und schützt sich durch eine Hülle von steifem Chitinstoffe. Die Zelle selbst wandelt ihren Inhalt in Nervensubstanz um und erhält dann die Bedeutung einer Nervenendzelle.

Man darf also im buchstäblichen Sinn des Wortes solche Haare als Tastwerkzeuge und zwar als die Enden derselben ansehen. Es ist auch begreiflich, daß Thiere mit einer so starren Hülle, wie sie die Krebse und viele Insecten tragen, nur äußerst schwer eine halbwegs taugliche Tastempfindung haben könnten, wenn nicht auf diese Weise die Enden ihres empfindenden Nervensystems jene starre Hülle durchbohrten. Man könnte sie mit der Sonde des Chirurgen vergleichen, dem Instrument, dessen man sich bedient, um in der Entfernung zu fühlen. Das Haar eines solchen Gliederthieres ist gleichsam eine in die Außenwelt vorgestreckte Sonde. Selbst wenn der ursprüngliche Endfaden der Nervenzelle, der die Chitinröhre erfüllte, später verschwinden sollte, so muß doch jede Biegung und jeder Anstoß der Borste durch den Druck der Flüssigkeit, die den Hohlraum einnimmt, in der darunterliegenden Nervenzelle eine Wahrnehmung erzeugen.

Uebrigens liegt nicht hinter jedem Haar eine Nervenzelle, weil eben nicht alle Zellen der Oberhaut durch einen in die Tiefe dringenden Faden mit dem Nervensystem in Verbindung treten, auch wenn sie einen Fortsatz auf der freien Fläche treiben, der zur Haarborste wird. Auch ist zu bemerken, daß es Oberhautzellen giebt, die, ohne ein Haar auf ihrer Oberfläche zu treiben, doch durch ihren Zusammenhang mit Nervenfäden und durch ein eigenthümliches Gebilde in ihrem Innern als Nervenendzellen sich zu erkennen geben. Dieses Gebilde ist in der Anatomie unter dem Namen Nervenstäbe

bekannt; spindelförmige, glänzende, senkrecht zur Oberfläche gestellte Körper von festerer Consistenz, vielleicht modificirte Kerne der Nervenendzellen.

Ein anderer Vorgang in der Oberhautschicht führt zu dem, was die Anatomen einzellige Drüsen nennen. Im Lauf des Wachsthums werden, wie es scheint, einzelne Zellen der Oberhaut rückwärts aus der Ordnung gedrängt in die hinter ihr liegenden Schichten, und zwar entweder durch den Druck der benachbarten Zellen, wenn er nicht gleichmäßig wirkt, oder vielleicht dadurch, daß diese Zellen in ähnlicher Weise einen haarförmigen Auswuchs aus sich treiben, der aber anstatt über die Oberfläche des Körpers hinaus zu wachsen, die Zelle nach rückwärts in die Tiefe drängt. Oeffnet sich dann der Auswuchs der Zelle an der Körperoberfläche, so stellt sie eine kugelige Blase dar, die durch einen längeren oder kürzeren Ausführungsgang auf der Oberfläche der Haut ausmündet, und ohne Zweifel haben wir die Absonderung, die meistens die Hautoberfläche solcher Thiere auszeichnet, auf Rechnung dieser gestielten Zellen zu setzen, und sie führen deshalb den Namen: einzellige Hautdrüsen. Fig. 182 bei A zeigt die einzelligen Hautdrüsen von Argulus folliaceus bei mäßiger Vergrößerung.

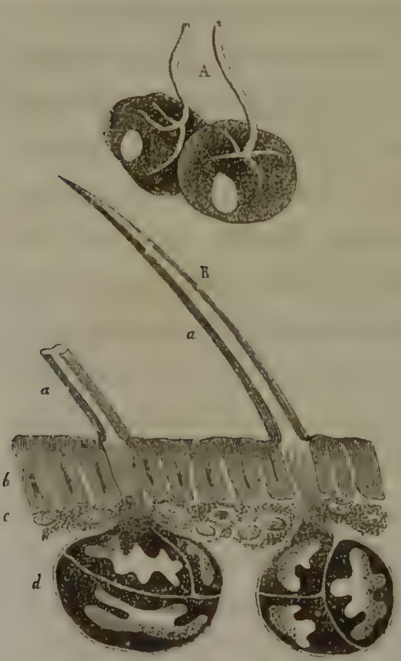


Fig. 182.

Es giebt aber noch eine andere Combination, die uns Fig. 182 B darstellt. Eine Zelle treibt einen freien Fortsatz über die Körperoberfläche hervor zu der Bildung eines Haares, während sie selbst gegenüber den andern Zellen der Oberhaut bedeutend an Größe zunimmt, wobei sie natürlich rückwärts in die zunächst gelegenen Schichten hineinragt. Häufig nehmen mehrere Zellen daran Theil; so in dem abgebildeten Fall, in der Haut einer Raupe, wo es im Ganzen

drei Zellen mit lappig gestaltetem Kern sind, die zu einem kugligen Körper mit einem Ausführungsgang zusammen treten. Auch diese Gebilde hat man Hautdrüsen genannt. Sie unterscheiden sich aber von den vorhergehenden wesentlich dadurch, daß ihr Ausführungsgang in den Hohlraum eines Haares führt, und an der Spitze geschlossen bleibt. Erst wenn ein solches Haar abbricht, dann entleert sich aus dem Bruchende eine Flüssigkeit, die von den dahinter liegenden Zellen kommt. Solche Haare nennt man, wenn die Flüssigkeit eine ätzende Wirkung ausübt, Gifthaare, und der Leser wird sich sogleich vergegenwärtigen, daß es manche behaarte Raupen giebt, deren Berührung einen juckenden Schmerz erzeugt.

Die stärksten und mächtigsten Chitinablagerungen bewirkt die Oberhaut an dem Ein- und Ausgang des Nahrungscanals. Sie dienen einerseits zum Ergreifen und Zerkleinern der Nahrung, andererseits leisten sie bei der Begattung und der Eiablage mechanische Dienste. Die Kiefer der Insecten, Krebse u. s. w. tragen auf ihrer Oberfläche außerordentlich dickwandige Fortsätze, und ähnlich ist die merkwürdige Zunge vieler Schnecken mit den allerzierlichsten Chitinwucherungen besetzt. Fig. 183 zeigt uns eine solche Schneckenzunge (von Patella) und zwar a in natürlicher Größe, bei b ein Stück derselben mit den Zahnreihen vergrößert. Bei den Krebsen und manchen Würmern finden sich solche Hornzähne ziemlich weit hinein in den Verdauungscanal, in dem sogenannten Schlundkopf und dem Magen. Das letztere ist besonders schön entwickelt bei den Krebsen.



Fig. 183.

Ehe wir von den Schicksalen des Oberhäutchens bei den höheren Thieren reden, müssen wir noch zweierlei Verhältnisse, die wir bei den Gliederthieren finden, etwas näher besprechen. Das eine ist die Verschmelzung der Oberhautzellen, die lange eine richtige Vorstellung von dem Bau dieser Thiere hinderte. Indem die wandungslosen jugendlichen Zellen, die

Anfangs wohl von einander abgegrenzt sind, in eine gleichmäßige Schicht von Zellsubstanz zusammen schmelzen, in der man als Zeichen des früheren Getheiltseins nur noch die mehr oder weniger regelmäßig zerstreuten Zellkerne sieht, kommt ein Anblick zu Stande, der öfters gegen die Lehre, daß die Thierkörper ein Zellcomplex seien, angeführt wurde. Die Entwicklungsgeschichte belehrt aber hier sofort, daß man es eben nur mit einem Verlust ursprünglicher Selbstständigkeit zu thun hat, und die Chitinogenmembran, wie die Mikroskopiker diese Schicht im Gegensatz zu der Oberhaut nannten, ist doch nichts anderes als eben eine modificirte Oberhaut. In Fig. 182 sieht man bei b die Zusammensetzung derselben.

Das zweite, was ebenfalls längere Zeit genauer Untersuchungen bedurfte, um richtig erkannt zu werden, sind die sogenannten Sehnen der Gliederthiere, die hauptsächlich bei den Krebsen in ausgebildetem Maaße vorkommen. Es fiel längst auf, daß, wenn ein Krebs sich häutet, man im Innern der abgeworfenen Schale — es ist dies die aus Chitin bestehende abgestoßene Cuticula — alle die Sehnen hängen sah, welche den innern Muskeln zum Ansatz dienen. Genaues Zusehen beim Beginnen der Häutung auf mikroskopischen Querschnitten belehrte uns über folgenden Sachverhalt. Die Chitinhaut treibt einen Fortsatz in die Tiefe, in's Innere des Leibes, oder richtiger gesagt — da die Chitinhaut nämlich nur eine Absonderung der Oberhaut ist — die letztere treibt einen hohlen Fortsatz in's Innere des Körpers, und erfüllt diesen Hohlraum mit Chitinmasse, die in continuirlichem Zusammenhang mit der äußern Chitinhaut steht. Häutet sich nun der Krebs, so zieht sich die Oberhaut, die die Außenfläche der Sehne so gut überzieht, wie die innere Fläche des ganzen Chitinpanzers in der ganzen Ausdehnung des Körpers, von der Chitinhaut zurück und beginnt eine neue Lage von Chitin abzusondern. Kommt es zur Abstoßung, so zieht sich die Sehne aus dem Oberhautrohr heraus und fällt in Verbindung mit dem alten Chitinpanzer ab. Die neue Sehne, die in demselben entsteht, ist deshalb anfänglich hohl; erst in dem Maaße, als die Er-

härtung fortschreitet, und nach Entfernung der alten Sehne, die das Rohr füllte, wird auch die neue solid, aber nicht ohne daß ein feiner mikroskopischer Querschnitt uns über die Lage der ursprünglichen Höhlung Aufschluß geben könnte. Wir werden später Gelegenheit haben, zu zeigen, daß die Hautdrüsen der Wirbelthiere eine ähnliche Bildung sind.

Damit haben wir die wesentlichsten Hautorgane der wirbellosen Thiere aufgeführt; es gehören hierher nur noch die Schalen der Schnecken und anderer Muschelthiere, deren Bau wir jedoch gelegentlich erörterten, als wir oben von der Cuticula sprachen. Im Allgemeinen ließen sich alle diese Organe darauf zurückführen, daß die Zellen der Oberhaut nach zwei Richtungen hin fädig auswachsen können, und daß, wo ein Endfaden über die Oberfläche sich erhebt, eine Chitinscheide um ihn abgesondert wird; hierzu kamen dann noch locale Verdickungen der Chitinhaut und röhrige Einstülpungen der Oberhaut zur Bildung innerer Sehnen.

XXXII.

Hautorgane der höheren Thiere.

Eine ganz andere Ausbildung des Oberhäutchens findet sich bei den sogenannten Wirbelthieren. Dort fehlt die Absonderung einer ruhenden Chitinschicht auf der freien Fläche des Körpers gänzlich, es kommt somit nicht zu einer Absperrung der Zellen von den umgebenden Nahrungsmitteln, und demzufolge entwickeln sich auch die Oberhautzellen in einer anderen Richtung. In den meisten Fällen schwillt die Oberhaut zu einer beträchtlichen Dicke an, indem die Zellen sich mehrfach auf einander legen. Sie ist dann nicht mehr eine einzelne Lage von Zellen, sondern besteht der Tiefe nach aus vielen hinter einander liegenden Individuen, wie dies am deutlichsten zu sehen ist in der schon früher im Durchschnitt gezeichneten Haut des Menschen (siehe Fig. 146).

Die größte Ausdehnung gewinnt die Dickeentwicklung des Oberhäutchens bei den Wirbelthieren, die in der Luft leben. Bei ihnen besteht das Schicksal der Epidermiszellen in einer Vertrocknung, die natürlich bei den oberflächlichsten den höchsten Grad erreicht, so daß sie zu dünnen Plättchen werden, während dagegen die tiefer liegenden und namentlich die innersten ihre ursprüngliche Kugelgestalt beibehalten und natürlich auch in Folge ihres größeren Wassergehalts weicher sind. Bei den Säugethieren und dem Menschen nennt man diese tiefste Lage weicher Oberhautzellen das „malpighische Schleimnetz", eben weil man für diesen erheblichen Unterschied auch einen eigenen Namen haben wollte. Die oberflächlichsten vertrockneten Zellen dagegen nannte man Hornzellen.

Verfolgen wir die Schicksale der verschiedenen Lagen der Oberhaut, so sehen wir, daß die Production neuer Zellen durch Theilung ihren Sitz in den tiefsten Schichten, also im sogenannten malpighischen Schleimnetz hat. Dort ist der Heerd der Vegetation; an der Oberfläche dagegen findet ein continuirliches Abstoßen der vertrockneten Zellen statt. Das ist der Grund des allbekannten Erscheinens von abfallenden weißlichen Schuppen; am leichtesten beobachtet man's an dem behaarten Theil des Kopfes, weil dort die Abschuppung oft einen so hohen Grad annimmt, daß sie belästigend wirkt. Man würde aber sehr irren, wollte man glauben, daß nur dort die Abschuppung der Haut stattfindet. Wer sich davon überzeugen will, der braucht nur ein Stückchen seiner Leibwäsche in ein wenig Wasser auszuwaschen und es unter das Mikroskop zu legen. Ohne weitere Behandlung sieht man da freilich nicht viel mehr, als unregelmäßig gestaltete Brocken oder Fetzen, aber bei Zusatz von Kalilauge werden dieselben sofort aufquellen zu einem zierlichen Zellgewebe. Es liefert dies zugleich den Schlüssel für die Wirkung der Seife bei der Reinigung unserer Haut. Die Alkalien haben eben die Eigenschaft, die vertrockneten Epidermiszellen aufzuquellen, ihren Zusammenhang zu lockern und so ihre Entfernung zu ermöglichen.

Sobald an einer Stelle des Körpers eine größere Widerstands-

kraft des die Zelle verklebenden Kittes die fortdauernde Abstoßung der vertrockneten Zellen verhindert, und wo noch im malpighischen Schleimnetz eine gesteigerte Production neuer Oberhautzellen erfolgt, da werden schließlich hornige Platten die Haut bedecken, die aus nichts anderem bestehen, als aus vertrockneten, fest zusammen gebackenen Oberhautzellen. Solche Gebilde sind die Nägel, die Hörner der Wiederkäuer, die Schuppen der Reptilien, und von krankhaften Producten gehören hierher die Hühneraugen und Hornauswüchse, die sich manchmal am Kopfe des Menschen zeigen. Ferner die Hülsen der Klauen und Hufe, die Schwielen, wie sie z. B. die Kameele an den Fesseln und am Brustbein tragen, die Hornplättchen an den Füßen der Vögel und die Schnabelscheide derselben, sowie die der Schildkröten. Auch das Schildplatt, welches letztere liefern, ist nichts anderes als ein Gefüge verhornter Oberhautzellen, wie man deutlich sieht, wenn man ein Stückchen desselben mit Kalilauge behandelt.

Ich habe eben davon gesprochen, daß beim Menschen, den Säugethieren und Vögeln da, wo es nicht zur Bildung von bleibenden Hornplatten kommt, eine fortwährende Abschuppung der vertrockneten Zellen stattfindet. Bei den Amphibien und den meisten Reptilien tritt an die Stelle derselben eine periodische Abstoßung einer ganzen Schicht verhornter Zellen; ein Proceß, den man ebenfalls Häutung nennt, der sich aber dadurch wesentlich von der Häutung der Krebse und Raupen unterscheidet, daß die abgestoßene Haut aus Zellen besteht, während bei den letzteren es nur die aus erhärtetem Zellkitt (Chitin) bestehende Cuticula ist, die abgelegt wird.

Eine ähnliche Beschaffenheit der Oberhaut erstreckt sich an der Mundöffnung noch eine Strecke weit in das Nahrungsrohr hinein. Auch dort in der Mundhöhle schrumpfen die Zellen zu zarten Plättchen zusammen (siehe Fig. 184, die Oberhautplättchen der menschlichen Zunge). Wenn auch in den meisten Theilen der Mund- und Rachenhöhle die Zellen verhältnißmäßig geschmeidig bleiben, so kommt es doch bei vielen Thieren auch hier zur Bildung förmlicher Hornplatten. Dahin gehören die harten stacheligen Ueberzüge der

Katzenzungen und bei den Seeschildkröten finden sich in der ganzen Ausdehnung der Speiseröhre außerordentlich starke kugelförmige Hornstacheln, deren Spitze nach rückwärts gegen den Magen hin gerichtet

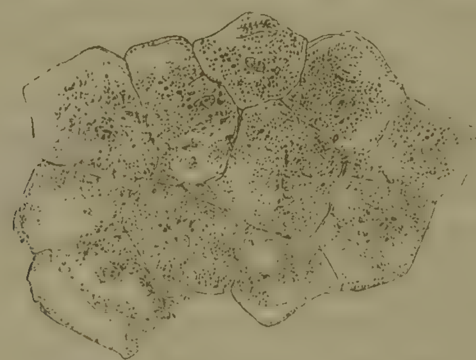


Fig. 184.

ist, so daß es einem solchen Thier natürlich unmöglich sein wird, einmal verschlungene Nahrung wieder zu erbrechen. Was den Schlund passirt hat, ist so sicher darin gefangen, wie eine Maus, die zwischen den convergirenden Spitzen einer Drahtfalle durchgekrochen ist. Selbst weiter hinunter im Magen finden wir noch die Verhornung der Oberhautzellen, und zwar in einem hohen Grad von Härte in dem sogenannten Muskelmagen der Vögel, wo jede der beiden durch eine doppelte Sehne verbundenen Muskelscheiden auf ihrer Innenfläche eine derbe Platte verhornter Zellen trägt, so fest und widerstandskräftig, daß selbst Glasscherben zwischen ihnen gemahlen und geschliffen werden können.

Höchst interessante Bildungen in jeder Beziehung sind die Haare der Säugethiere und die Federn der Vögel. Wir werden ihren Bau am besten verstehen, wenn wir ihre Entwicklungsgeschichte betrachten. Macht man einen feinen Querschnitt durch die Haut eines jungen Säugethieres, so lange dasselbe noch nackt ist, so sieht man, wie eine Menge kolbenförmiger Zapfen von der innern Fläche des Oberhäutchens in die darunter liegende Lederhaut hinabgewachsen sind (siehe Fig. 185 c, das kolbenförmige Ende nach innen gerichtet). Der Zusammensetzung nach bestehen diese Kolben aus denselben Zellen wie die Oberhaut und stehen in continuirlichem Zusammenhang mit der

tieferen Lage derselben, dem sogenannten malpighischen Schleimnetz (siehe Fig. 185 b). Sie sind also nichts anderes als Localwucherungen, die wahrscheinlich der erhöhten Vermehrungsthätigkeit einer einzelnen Zelle ihren Ursprung verdanken. Verfolgt man die Entwicklung dieses Kolbens weiter, so sieht man, wie in demselben zunächst eine concentrische Differenzirung eintritt; die central gelegenen Zellen sondern sich von denen, die die äußerste Lage des Kolbens bilden, und zwar beginnt die Sonderung da, wo der Kolben in das Oberhäutchen übergeht. Dies führt zur Trennung in Haar und Haarbalg. Die innersten Zellen bilden das Haar und die äußeren den Haarbalg, die Scheide, in der das Haar steckt. An dem angeschwollenen kolbigen Ende kommt es zu einer solchen Trennung nicht, dort hängen die Zellen noch innig zusammen.



Fig. 185.

Die weitern Entwicklungsvorgänge muß man sich nun als die Wirkung folgenden Umstandes denken: Die Zellen, deren Vermehrungsthätigkeit das Auswachsen des Kolbens veranlaßte, sitzen am kolbenförmigen Ende. Wenn ihnen nicht ein Hinderniß in den Weg treten würde, so würde der Zapfen continuirlich in die Tiefe wachsen, so wie die Wurzel einer Pflanze, die auf ähnliche Weise entsteht, in den umgebenden Boden. Es findet sich nun aber dort nicht blos ein Hinderniß, sondern es wächst der Haaranlage ein Fortsatz der Lederhaut direct entgegen. Es erhebt sich nämlich aus der letzteren eine kleine Papille als conischer Zapfen, der in das kolbenförmige Ende der Haaranlage hineindringt.

Was wird nun geschehen, wenn die dort befindlichen Zellen in der Erzeugung neuer Brut fortfahren und doch die Wachsthumsrichtung in die Tiefe verhindert wird? Die Antwort ist einfach: Die im Centrum liegenden Zellen, die zusammengetreten sind zur Bildung der Haarspitze, werden von innen einen Druck auf die über sie hinweg ziehende hornige Oberhaut (siehe Fig. 185 a) ausüben, sie allmälig durchbohren und dann über die Haut sich erheben. So

wächst das Haar aus seinem Haarbalg heraus, nimmt durch die erhärtende Thätigkeit der umgebenden Luft eine festere Consistenz an, und wird so lange in die Länge wachsen, als die Production von Zellen am kolbenförmigen Ende der ursprünglichen Haaranlage fortdauert.

Nach dieser Schilderung wird es dem Leser leicht werden, in der nachstehenden Figur 186, die uns das untere Ende eines Menschenhaares vorführt, sich zurechtzufinden. Man sieht das kolbenförmige Ende, mit dem das Haar in der Haut steckt, die sogenannte Haarzwiebel. Die Substanz der Lederhaut hat eine bindegewebige Hülle (f) um das Ganze gebildet. Bei h sieht man die Blutgefäßschlingen der Haarpapille, die in die Haarzwiebel von unten hineingewachsen ist, rechts und links bei d die Zellen der Haarscheide, die eine zweite Hülle um das untere Ende des Haares darstellen und sich da, wo das Haar an die Oberfläche tritt, continuirlich in die Oberhaut fortsetzen.

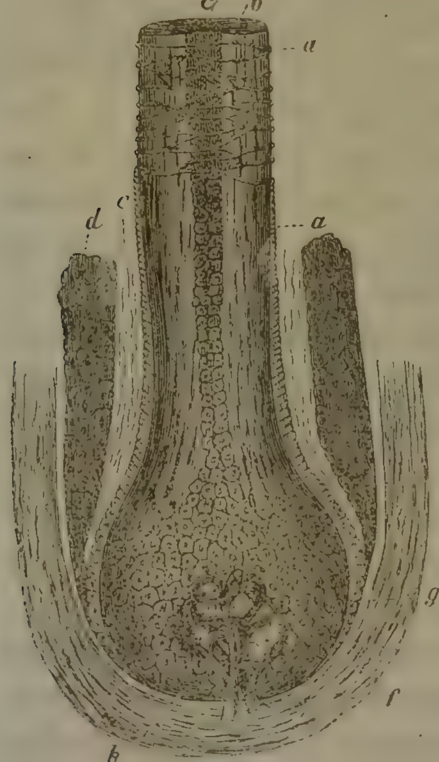


Fig. 186.

Das Haar selbst ist seinerseits wiederum concentrisch geschichtet und zwar aus dreierlei Lagen von Zellen. Im Centrum bei c sieht man einen Strang aus rundlichen mit Körnchen erfüllten Zellen, die das sogenannte Mark des Haares bilden. Der solideste Theil ist die Zelllage, die mit b bezeichnet ist. In ihr haben die Zellen eine ähnliche Verhornung erlitten, wie wir sie schon früher bei den Nägeln und Klauen schilderten, nur sind es nicht rundliche Plättchen, da die Zellen spindelförmig ausgewachsen sind und erst dann

eine Abplattung in der Richtung von außen nach innen erfahren haben. Sie sind außerordentlich fest zusammengekittet, und wenn man die Structur dieser Schicht, die man die Haarsubstanz nennt, untersuchen will, so muß man sie mit concentrirter Schwefelsäure behandeln. Erst diese ist im Stande, den Zellkitt aufzulösen, so daß die einzelnen Zellen auseinanderfallen. Die dritte Schicht, mit a bezeichnet, ist eine einfache Lage von Zellen, die die äußere Oberfläche des Haares überzieht. Da wo das letztere noch innerhalb der Haarscheide steckt, bilden sie eine geschlossene Lage schöner vieleckiger Zellen; wo aber das Haar frei in die Luft hinausragt, tritt auch in ihnen eine Schrumpfung ein, und da die darunter liegende Haarsubstanz nicht nachgiebt, so reißt die Schicht unregelmäßig ein und bildet ein Netzwerk aus vertrockneten Zellen auf der Oberfläche des Haares.

Wo wir Gebilde finden, die eine so weit gehende concentrische Schichtung erfahren, wie das Haar, das also aus drei verschiedenen Lagen von Zellen besteht, da dürfen wir immer eine erhebliche Mannigfaltigkeit erwarten und ich kann den Leser versichern, daß es ihm ein großes Vergnügen machen wird, die Haare verschiedener Thiere unter dem Mikroskop zu betrachten. Für Jeden, der ein solches Instrument besitzt, ist nichts leichter, als sich dieselben zu besehen, da sie an und für sich so klein sind, und auch meist so durchsichtig, daß sie ohne besondere Vorbereitung ganz verständliche mikroskopische Objecte bilden. Ich habe hier beispielsweise in Figur 187 das Haar eines Maulwurfs dargestellt und zwar einmal bei etwa 20facher Vergrößerung. Man erkennt hier, daß dasselbe abwechselnd dicker und wieder dünner wird; die 180fache Vergrößerung daneben zeigt uns die außerordentlich großen Markzellen, denen gegenüber die Rindensubstanz des Haares

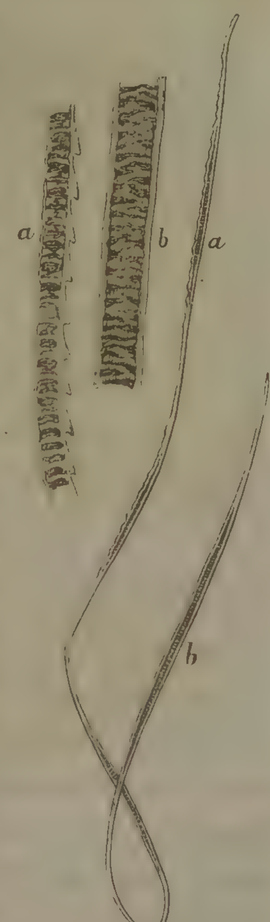


Fig. 187.

auf ein Minimum reducirt ist. Sehr zierlich sind die Haare der Fledermäuse, die mit allen möglichen Zacken und Hervorragungen besetzt sind. Kurz, die Mannigfaltigkeit geht so weit, daß man unter dem Mikroskop mit Leichtigkeit erkennen kann, von welcher Thierart das Haar herrührt.

Die Stacheln der Stachelratten, Stachelschweine, des Schnabelthieres, des Igels u. s. f. sind nichts anderes als colossal entwickelte Haare. Figur 188 zeigt uns den halben Querschnitt eines solchen Stachels und zwar vom Stachelschwein. Man sieht im Innern die Schnitte der außerordentlich großen lufthaltigen Markzellen, deren vertrocknete Häute aussehen wie ein Balkenwerk. Umgeben wird das Ganze von einer derben Lage von Rindensubstanz, in der man ohne Präparation die einzelnen Zellen nur wahrnehmen kann an den kleinen Farbstoffpünktchen, die immer im Centrum einer solchen gelegen sind.

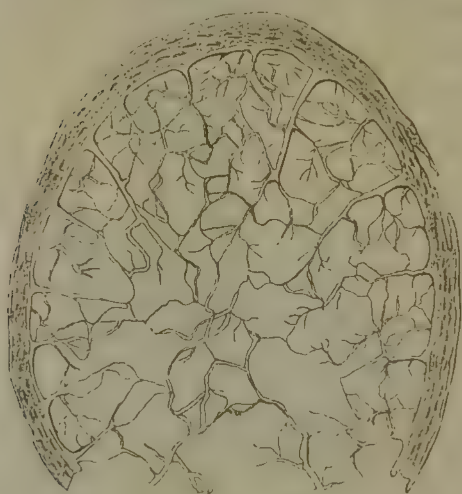


Fig. 188.

Wir haben bei der Schilderung der Haare der Gliederthiere davon gesprochen, daß dieselben für das Thier die Bedeutung von Nervenenden haben oder wenn man will von Sonden, die dem Ende der Nerven aufgesetzt sind. Von den Haaren der Wirbelthiere läßt sich dieses im Allgemeinen nicht sagen, allein es giebt eine Gattung von Haaren, die offenbar solche Dienste leisten. Ich meine die Schnurrhaare, wie wir sie in der Nähe des Mundes bei Katzen, Hunden, Mardern rc. und in hohem Grade ausgebildet bei den Seehunden finden. Sie zeichnen sich durch besondere Länge, Steifigkeit und hohe Elasticität aus und bei einer Untersuchung der Haarzwiebel findet man, daß die Papille, auf der das Haar aufsitzt, eine beträchtliche Größe besitzt und in ihrem Innern ein starker Nervenfaden unter reicher Verästelung endet. Man kann sich durch das Experiment leicht

überzeugen, welch hohen Grad von Empfindlichkeit ein solches Schnurrhaar besitzt. Schon die Schwingung, in die es beim Anblasen geräth, macht, daß eine schlafende Katze sich schüttelt oder erwacht.

Eine weitere Entwicklung des Haares ist die Feder. Vergegenwärtige sich der Leser die Schilderung, die ich von der Entwicklung des Haares gegeben habe. Ich habe dort gezeigt, daß dem kolbigen Auswuchs des Oberhäutchens eine Papille der Lederhaut entgegenwächst, indem sie in ihn eindringt. Denkt man sich, daß diese Lederhautpapille, anstatt später im Wachsthum zurückzubleiben und nur ein unscheinbares Gebilde im Innern der Haarzwiebel darzustellen, im activen Wachsthum in gleichem Maße fortfährt, während am Grund des Oberhautauswuchses eine Production neuer Haarzellen erfolgt, so wird das Haar ein hohles Rohr werden, in dem eine lange Lederhautpapille eingeschlossen ist. Diese letztere wächst dergestalt in die Länge, daß sie allerdings innerhalb der Federspule weit über die Oberfläche der Haut hinausragt. Sie ist im Zustand ihrer Entwicklung außerordentlich reich an Blutgefäßen, aber in dem Moment, wo die Feder ihre Reife erreicht hat, beginnt eine Schrumpfung derselben. Sie vertrocknet und stirbt ab, gerade so wie die Lederhaut, welche die äußere Oberfläche eines Hirschgeweihes während des Wachsthums überzieht, nur daß sie nicht abfallen kann, weil sie im Innern der Federspule eingeschlossen ist. Sie bleibt dort als vertrocknetes unregelmäßig geknittertes Band zurück, das jeder meiner Leser, der noch die Culturstufe mitgemacht hat, wo man mit der Gänsefeder schrieb, oft genug als sogenannte Seele aus der angeschnittenen Spule herausgezogen hat.

Das Verhältniß der Papille zur Feder ist jedoch nicht so einfach. Bekanntlich zeigt die Rückseite des Schaftes an ihrem Fahnentheil eine seichte Rinne. Da, wo die Fahne in den nackten Kiel übergeht, endet die Rinne, indem sie in die Tiefe, in's Innere des hohlen Kieles führt. In der Regel findet sich genau an dieser Stelle ein kleines schwarzes vertrocknetes Etwas und das ist nichts anderes als ein Stück der vertrockneten Papille. Diese verläuft nämlich nur im

Kiel; wo die Fahne anfängt, tritt sie aus dem Kiel hervor und liegt in der Furche an der Rückseite des Schaftes. So erklärt sich jetzt auch die Bildung der Fahne: Man muß die beiden Federbärte nach rückwärts so zusammenrollen, daß die Rückseite der Feder zu einer hohlen Röhre wird, in der die Papille liegt. Der Schaft der Fahne wird gebildet von der Vorderseite der Papille, die einzelnen Theile der Bärte entstehen in schief gegen die Spitze und die Rückseite verlaufenden Rinnen derselben. Am besten orientirt man sich, wenn man eine Feder in halbgewachsenem Zustand betrachtet, wo sie nur zum Theil ihre Scheide gesprengt hat. Sie besitzt nämlich, wie das Haar, eine Scheide, die nichts anderes ist als ein hohler Fortsatz der Oberhaut und in einer gewissen Zeit der Entwicklung hat sie die Feder bis zur Spitze überzogen, ein Zustand, in dem man sie Federstoppel nennt. Erst durch Zerbrechen derselben kommt die Feder selbst zur Entfaltung.

Der mikroskopische Bau ist im Wesentlichen derselbe wie der des Haares: Im Centrum ein Mark aus kugeligen Zellen, die später lufthaltig werden; um diesen Raum eine derbe Lage von Hornzellen, die dem Ganzen seine Festigkeit geben, die Fahnen sind außerordentlich zierliche Zellreihen, deren mannigfaltige Farbenerscheinungen theils durch Modellirungen der obern Fläche, theils durch wirklichen Gehalt an Farbstoff hervorgebracht werden. Wer sich unter dem Mikroskop an Farbenpracht ergötzen will, dem rathe ich, die Fahnenaugen einer Pfauenfeder durch Lampen- oder Sonnenlicht von oben beleuchtet bei mäßiger Vergrößerung zu betrachten. Ist die Pfauenfeder schon an und für sich eine wundervolle Erscheinung, so löst sie sich unter solchen Verhältnissen vollends in ein Meer von Brillanten auf.

Ein eigenthümlich Mittelding zwischen Haar und Feder sind die Hufe, das Fischbein, wozu auch noch das Horn der Rhinoceronten, die Hornzähne der Schnabelthiere ꝛc. gehören. Ein Querschnitt durch diese Gebilde zeigt, daß sie aus pallisadenförmig stehenden, dicht an einander gedrängten einzelnen Hornkörpern bestehen, deren jeder die Structur eines Haares wiederholt, nebst Charakteren, wie

sie nur bei der Feder vorkommen. Die ganze Länge eines solchen Hornkörpers durchzieht ein hohler Raum, der im Leben von einer Lederhautpapille eingenommen wird, die sich zu dem Hornkörper ebenso verhält, wie die Seele zur Feder. Um sie herum ist eine starke Lage spindelförmiger Hornzellen, die im polarisirten Licht (Fig. 189, ein Querschnitt durch das Horn eines Rhinoceros) doppelte Brechung zeigen. Es entspricht diese Masse der Haarsubstanz. Die einzelnen Hornröhren werden durch eine Zwischensubstanz, die ebenfalls aus verhornten Zellen besteht, zu einem festen Ganzen zusammengekittet.

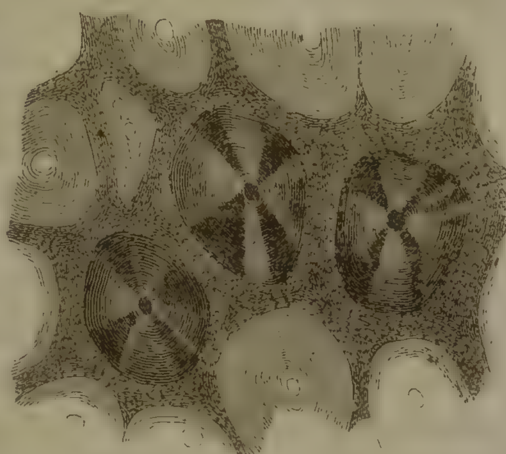


Fig. 189.

Solche Hörner sind somit aufzufassen als ein Convolut zusammengebackener Haare, die sich von den gewöhnlichen Haaren nur dadurch unterscheiden, daß in ihnen, ähnlich wie bei der Feder, die Lederhautpapille bis an die Spitze vordringt. Sie ist jedoch nicht bis zur Spitze des Hornkörpers lebendig, sondern vertrocknet in dem Maße, als das Horn in die Länge wächst. Man kann deshalb bei den Hufen der Pferde die oberflächlichen Lagen abnehmen, ohne das Thier zu beschädigen, aber in einer gewissen Tiefe stößt man noch innerhalb der Hornsubstanz auf die Enden der Blutgefäße und nervenreichen Papillen, deren Verletzung für das Thier empfindlich wirkt.

XXXIII.

Die Hautdrüsen der höheren Thiere.

Bei den Oberhautgebilden der Wirbelthiere zeigt sich sehr schön, welch großen Einfluß ein Organisationsverhältniß auf das andere hat. Der Umstand, daß die oberflächlichsten Zelllagen bei den in der Luft lebenden Wirbelthieren vertrocknen, ist ein Zeichen, daß die Luft im gasförmigen Zustand ein schlechtes Nahrungsmittel für das Zellleben ist. Wir haben ja früher schon ausdrücklich hervorgehoben, daß eine Hornzelle als todt betrachtet werden muß. Dieses Organisationsverhältniß — das Vorhandensein einer Rinde aus verhornten Zellen — ist der Grund, daß die tieferen Lagen der Oberhautzellen, wo noch ungestörtes Leben und Wachsthum herrscht, nur in Einer Richtung sich entwickeln können, nämlich in die Tiefe.

Aus der voranstehenden Schilderung über Haare, Federn, Hufe 2c. sehen wir, wie alle diese Gebilde ursprünglich kolbige Wucherungen nach abwärts in die Lederhaut sind, die erst in der Folge durch den entgegenwirkenden Druck eines Lederhautfortsatzes gezwungen werden, die oberste Schicht der vertrockneten Oberhautzellen zu durchbrechen und an der Oberfläche zu erscheinen. Es ist dies ein Entwicklungsgang, der total verschieden ist von dem der Gliederthierhaare und eines der schönsten Beispiele, wie die Einflüsse der äußern Nahrungsmittel schließlich die mannigfaltigsten und complicirtesten Bildungen hervorrufen. Es ist eine landläufige Aeußerung, zu sagen: Die Säugethiere besitzen ihre Haare, die Vögel ihre Federn zum Schutz gegen die Einflüsse der Witterung; allerdings ist das der Erfolg dieser Vorrichtung, aber, und dies ist das wichtigere, die äußern Einflüsse sind auch die Ursachen derselben.

Nichts natürlicher, als daß bei einem aus vielen Zellen bestehenden Körper in der gasförmigen Luft die oberflächlichste Lage

von Zellen vertrocknet; ist ja doch, wie ich wiederholt zu zeigen Gelegenheit hatte, die Zelle nicht geschaffen für das trockene Element, sondern von Haus aus bestimmt im Wasser oder in wässerigen Flüssigkeiten zu leben. Wir haben es also im Anfang mit einem höchst einfachen physicalischen Ereigniß zu thun, das in der unorganischen so gut wie in der organischen Natur vorkommt, mit einer Verdunstung des Wassergehaltes. Dies bildet den Anstoß und ist die Ursache zu all den Entwicklungsvorgängen, wie wir sie bei den Haaren gesehen haben. Die nächste Folge ist die, daß die oberflächlichen Zellen absterben und nur die in der Tiefe ungestörte Vermehrungsfähigkeit besitzen. Außerdem versetzen sie dieselben, wie ich früher schon zeigte, unter Verhältnisse, wo eine größere individuelle Selbstständigkeit möglich ist — was nichts anderes heißt, als Verhältnisse, wo nicht alle Zellen gezwungen sind, das Gleiche zu thun, wo also eine einzelne die Oberhand gewinnen kann über ihre Nachbarn, um mit ihren Abkömmlingen einen Staat im Staat zu bilden. Es mußten — alles das zusammengenommen — locale Zellcolonien an der untern Fläche der Oberhaut entstehen, denen natürlich in Folge des Widerstandes, den die vertrockneten oberflächlichsten Lagen ihnen entgegen stellen, kein anderer Ausweg übrig ist, als sich in das darunter liegende Bindegewebe, das ohnehin eine geringere Widerstandsfähigkeit besitzt, einzubohren.

Bis hierher ist die Entwicklung eine einfache logische Folge der Existenzverhältnisse, unter denen die Zellen der Oberhaut leben. Bei der weiteren Entwicklung spielt die Lederhaut eine thätige Rolle. Sie widersetzt sich dem weiteren Eindringen in die Tiefe, indem sich eine Gefäßschlinge und Nervenendigung, also zwei Gebilde, die einen bestimmten Impuls von rückwärts erleiden, entgegenstemmen. Jetzt überwindet der mittlere erhärtete Theil des Oberhautkolbens den Widerstand, der sich in der Richtung gegen die Oberfläche hin in Gestalt der verhornten Oberhautzellen findet, und so erscheint die Spitze des Haars auf der Oberfläche.

Mir ist schon oft begegnet, daß bei solchen Auseinandersetzungen

eingewendet wurde: Man wolle dieses Raisonnement nicht in Abrede stellen, allein man komme eben doch immer wieder auf einen Punkt, wo eine Kraft in den Entwicklungsgang eingreife, die nicht näher zu definiren sei. Das wäre im vorliegenden Fall z. B. die emporwachsende Lederhautpapille, die als Deus ex machina erscheint, um das Haar durch einen Tritt vor den Allerwerthesten an's Tageslicht zu befördern. Daran ist allerdings das richtig, daß wir das in die Höhewachsen der Lederhautpapille uns noch nicht so gut aus den Existenzverhältnissen der Bindegewebszellen erklären können. Aber an einem Punkt zeigt sich doch, daß man es hier nicht mit einer im Voraus bestimmten Absichtlichkeit zu thun hat: nicht jedem Kolben, den das Oberhäutchen in die Tiefe schickt, marschirt eine Lederhautpapille entgegen, um ihn zum Haar umzugestalten. Wo dies nicht geschieht, wuchert der Oberhautkolben so lange weiter, bis seine productive Thätigkeit erlahmt. Die concentrische Differenzirung, die er auch in diesem Fall erfährt, besteht einmal darin, daß die zunächst angrenzenden Partien des Bindegewebes eine concentrische Anordnung um den Zapfen erhalten, daß der Zapfen selbst gegen das Bindegewebe sich durch eine festere Hülle von Zellkitt abgrenzt — dies letztere ist ein feines glashelles Häutchen, das in der Sprache der Anatomen die Tunica propria heißt — und daß es im Innern zur Bildung eines Hohlraumes kommt, sei es durch Auseinanderweichen der Zellen, sei es durch Absterben und Verflüssigen. Die oberflächlichen Lagen des Kolbens stellen dann eine gleichmäßige Auskleidung eines hohlgewordenen Rohres dar, das in der Tiefe blind geschlossen ist, an der Oberfläche des Körpers aber mit einer Oeffnung aufhört. Jetzt ist das entstanden, was die Anatomen eine Hautdrüse nennen.

Wenn man alle Modificationen derselben anführen wollte, so würden sie sich auf eine ziemliche Zahl belaufen, aber ich glaube, den Leser dürften hiervon zunächst nur die interessiren, die an seinem eigenen Körper vorkommen. Ihrer sind's im Großen und Ganzen zwei Gattungen. Die einen (siehe Fig. 190 A, die sogenannten

Schweißdrüsen) sind lange dünne Schläuche, an ihrem blinden Ende in einen Knäuel aufgewickelt. Sie liefern eine wässerige Absonderung, die eine nicht unbeträchtliche Menge von Salzen enthält. Ich erinnere den Leser an die bekannte Erscheinung, daß sich beim Marschiren in großer Hitze, sobald der Wassergehalt der Luft ein geringer ist, in Folge der Verdunstung des Schweißes das Gesicht mit einem weißlichen Pulver bedeckt, dessen Geschmack fast ganz dem des Kochsalzes gleicht. Es ist dies der feste Rückstand des abgesonderten Schweißes.

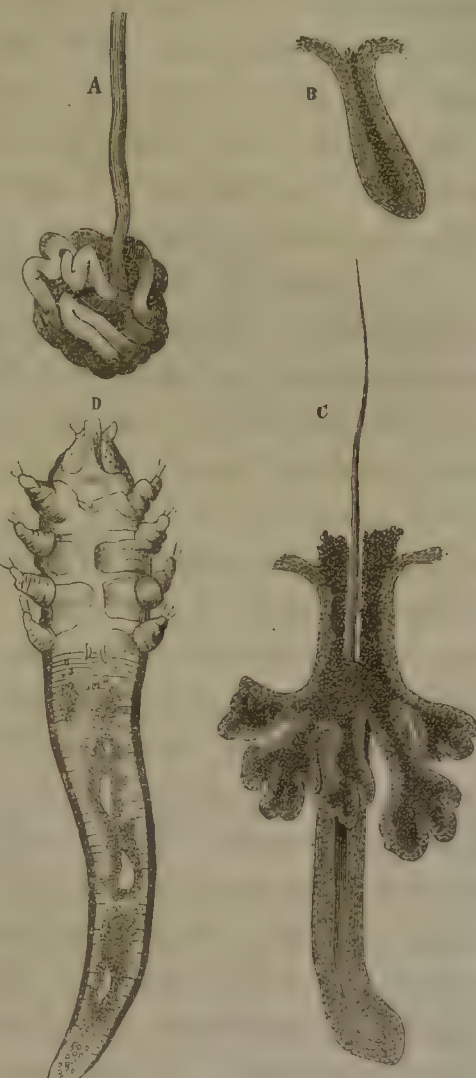


Fig. 190.

Die zweite Kategorie von Hautorganen sind die Talgdrüsen (Fig. 190 B und C). Bei ihnen hat der kolbenförmige Oberhautzapfen sich nicht so ausnehmend in die Länge gestreckt, wie bei der Schweißdrüse, sondern ist mehr in die Dicke gewachsen, und in der Regel hat er sich lappig verzweigt. Die Zusammensetzung der Wandung ist ganz so, wie bei der Schweißdrüse. Einige Lagen von Zellen als Begrenzung des Hohlraums und außen ein zartes Häutchen aus Zellkitt. Nur der Inhalt ist anders. Es ist eine schmierige Masse, sehr fetthaltig, deren Beschaffenheit deutlich zeigt, daß sie durch Zerfallen von Zellen gebildet ist. Wir müssen da noch einmal einen Vergleich ziehen mit dem Haar. Wir haben

bei der Schilderung desselben gesagt, daß am Grund, wo Haarbalg und Haarzwiebel in einander übergehen, eine fortwährende Production neuer Zellen stattfindet, die dem untern Ende des Haares sich anfügen, und so sein Längenwachsthum erzeugen. Ganz dasselbe findet statt bei den Talgdrüsen, nur kommt es nicht zum festen Zusammenhalt dieser neuen Zellen. Sie gehen durch fettige Umwandlung des Inhalts dem Tode entgegen und bilden zerfallend einen Auswurfstoff, den Hauttalg, dessen Function es ist, die Haut unseres Körpers geschmeidig zu erhalten.

Wo man zwei solche Differenzen eines von gleicher Grundlage ausgehenden Vorgangs sieht, ist es immer interessant, Uebergänge zwischen beiden zu finden, und solche sieht man nicht nur als eine Art von Abnormität, oder, wenn man will, krankhaften Zustandes beim Menschen, sondern stabil und normal kommt ein solcher Uebergangszustand vor an Talgdrüsen, die in einer Reihe am Schenkel mancher eidechsenartiger Thiere stehen. Der Zustand, den ich beim Menschen meine, ist der, bei dem die Absonderung der Talgdrüse eine festere Beschaffenheit annimmt, und zwar an der Mündung derselben, und dann zu einem Zapfen wird, der mit einem abgerundeten Ende aus der erweiterten Oeffnung der Talgdrüse hervorsieht. Der ist um so leichter kenntlich, als er in der Regel eine schwarze Färbung bekommt. Das sind die bekannten Mitesser, die sich am häufigsten in den Haarbalgdrüsen der Nasenhaut bilden und dann solchen Personen das Aussehen geben, als hätte man ihnen Pulverkörner in's Gesicht geschossen. Eine weitere Uebergangsform findet sich beim Menschen an den Talgdrüsen, welche die Ränder der Augenlider besetzt halten. Da sieht man den Zapfen öfter eine halbe Linie weit zwischen den Augenwimpern hervorstehen. Bei den Eidechsen kommt es zur Bildung von zwei Linien langen runden Borsten, die unter dem Mikroskop sich als ein Conglomerat aus runzlich vertrockneten Zellen in regelloser Ordnung darstellen. Daß es von hier bis zu dem regelmäßig geschichteten Haar nicht so sehr weit ist, kann sich der Leser leicht vorstellen. Es bedarf dazu nur

einer etwas geregelteren Production und einer festeren Consistenz der Zellen.

Weiter interessant ist — was wir auch an andern Fällen zu beobachten Gelegenheit hatten — daß bei allen solchen Dingen gewissermaßen das ganze Bereich von Möglichkeiten erschöpft wird. Es ist dies ein Beweis, daß man es in der Natur überall von Haus aus mit einer Art von ungeregeltem Wachsthumstrieb zu thun hat, als Folge der Vermehrung der Zellen durch Theilung. Von diesen planlosen Möglichkeiten sind aber nicht alle so beschaffen, daß sie dem Thier, auf dessen Körper sie sich finden, einen Vortheil gewähren. Sie spielen dann die Rolle von Abnormitäten — dies, wenn sie für seine Existenz gleichgültig sind —, oder die von Krankheiten, wenn sie seiner Existenz Nachtheil zufügen. In beiden Fällen sind sie vorübergehend, d. h. an das Leben des Individuums geknüpft: sie entstehen auf ihm und sterben mit ihm. Bringt aber irgend eine solche Modification dem Thiere einen Vortheil, dann wird ihr Vorkommen ein immer häufigeres, weil die dieses Vortheils entbehrenden Individuen rascher zu Grunde gehen, somit weniger Junge produciren, als die andern, und nun gewinnt eine solche Modification den Charakter eines regelmäßigen erblichen anatomischen Sachverhaltes.

Doch kehren wir zurück zu unsern Drüsen. Wenn ein Oberhautkolben einmal anfängt, in seinem freien Ende sich lappig zu theilen, wie wir es in Fig. 190 bei C gesehen haben, so eröffnet sich der Spielraum für folgende Modification. Einer der Säcke kann ein Haar produciren, während die anderen Hauttalg erzeugen, und so entstehen dann die Haarbälge mit anhängenden Talgdrüsen, wie in Fig. 190 bei C einer abgebildet ist.

Wir wollen von diesen Gebilden nicht scheiden, ohne eines mikroskopischen Geschöpfes zu gedenken, das die Talgdrüsen der menschlichen Haut zu seinem Wohnsitz erkoren hat: die Talgmilbe, die ich in Figur 190 D abbilden ließ. Dieses Geschöpf gehört in dieselbe Familie, wie die Krätzmilbe; sein Schmarotzen hat für den Menschen lange nicht die Bedeutung, wie das der letzteren, denn es

kommt immer nur einzeln vor, erzeugt nie größere allgemeine Erkrankung der Haut und namentlich ist, da es in träger Ruhe in dem Haarbalg seine Existenz fristet, die Gefahr einer Verschleppung auf andere Personen eine äußerst geringe. Ich muß da jedoch noch auf eine Verwechselung aufmerksam machen. Leute, die von der Existenz der Haarbalgmilbe etwas gehört haben, glauben mannigfach, daß die wurmförmigen Talgmassen, die man namentlich an der Nase aus den Drüsen herausquetschen kann, lebendige Wesen seien, Würmer, die in der Haut schmarotzen, und dazu verführt sie noch der früher erwähnte Umstand, daß der Theil des Talgs, der in der Mündung sitzt, vertrocknet, erhärtet und schwarz geworden ist. So entsteht allerdings die Täuschung, als ob man es mit einem Wurm mit schwarzem Kopf zu thun hätte. Der richtige Sachverhalt ist der: Solche Talgwürstchen kann man aus jeder reichlich absondernden Talgdrüse herauspressen, sie sind aber nichts anderes als der Hauttalg. Nur wenn in ihr eine Talgmilbe haust, dann wird sie in der Regel zugleich mit dem Inhalt herausgepreßt und ist dann mit der Lupe oder noch besser mit dem Mikroskop darin wahrzunehmen.

XXXIV.

Die Bewegungsorgane.

Die Bewegungserscheinungen an den Körpern der Thiere lassen sich, wenn wir von den mitgetheilten Bewegungen absehen, auf zwei Ursachen zurückführen, auf Flimmerhaare oder contractile Zellen. Ueber die ersteren habe ich dem Leser schon seinerzeit das Wesentlichste mitgetheilt, als ich von den Bewegungen der Infusorien sprach, und es wäre hier nur noch zu erwähnen, daß der Besitz

von Flimmerhaaren ein ausschließliches Vorrecht von Begrenzungs-zellen ist. Wo sie auf der Oberhaut sich finden, bilden sie bald ein gleichförmiges Kleid, bald sitzen sie nur auf einzelnen Zellgruppen beisammen, die die verschiedenartigsten Formen und Beziehungen haben können. Ich erinnere da an die Wimperepauletten der Stachelhäuterlarven, an die Wimperschnüre der Wurmlarven, die Wimpersegel vieler Weichthiere. Ihrer Verrichtung nach darf man sie ohne Weiteres zu den Bewegungsorganen zählen, indem sie bei solch kleinen Wesen die hauptsächlichsten Vermittler des Ortswechsels sind. Diese Bedeutung verlieren die Flimmerhaare, wenn die Masse des zu bewegenden Körpers über die Kräfte dieser zarten Härchen geht. Dann spielen sie, wo sie noch vorhanden sind, die entgegengesetzte Rolle. Anstatt den Körper zu bewegen, bewegen sie das Nahrungsmittel, in dem das Thier lebt, und dienen dadurch einer andern Verrichtung, der der Athmung. Auf den Epitelien sind die Flimmerhaare eine häufige Erscheinung, z. B. in den Luftwegen der Lunge, im Wassergefäßsystem, in den Ausführungsgängen vieler Geschlechtsdrüsen. Ihre Wirkung ist die Bewegung der sie umgebenden Flüssigkeiten.

Bewegungsorgane im engern Sinn des Worts will ich entsprechend der architektonischen Auffassung, die wir unserer Betrachtung vom Bau des Thierkörpers zu Grunde gelegt haben, nur die Wucherungen der Muskelschicht nennen, die über die Oberfläche des Körpers als Füße, Flügel, Fühler, Fangarme rc. hervorragen.

Eine Aufzählung aller der Mannigfaltigkeiten in diesen örtlichen Wucherungen gehört wohl nicht hierher, wo wir nur von dem reden wollen, was das Mikroskop uns aufgeschlossen hat. Doch, da ich dem Leser nicht zumuthen darf, daß er ohne einen Ueberblick über dieselben an die Betrachtung ihres mikroskopischen Baues geht, so muß ich einige allgemeine Bemerkungen voraussenden.

Wir rechnen unter die Bewegungsorgane alle beweglichen Fortsätze der Leibeswand, gleichgültig, ob sie der Ortsbewegung des Thierkörpers vorstehen, wie die Beine, Flügel, Schwimmlappen, Saugfüßchen, oder ob sie beim Ergreifen der Nahrungsstoffe verwandt

werden, wie die Fangarme, Scheeren, Kiefer, Ambulacralzangen, oder ob sie als Rüssel, Fühlhörner, Palpen ꝛc. mehr nur als Sondirungswerkzeuge dienen, oder wie die Legstacheln zur Unterbringung der Eier an ihrer Brutstätte verwendet, oder wie die äußern Begattungsorgane zur richtigen Mischung der Befruchtungsstoffe gebraucht werden, oder ob sie endlich als sogenannte Hautkiemen für das Leben des Thieres nur die Bedeutung haben, durch Vergrößerung der aufsaugenden Oberfläche die Beschaffung der gasförmigen Nahrung zu erleichtern.

Es zeigt sich an diesen Werkzeugen am schönsten und auffallendsten, wie leicht man fehl geht, wenn man die Verrichtung bei der Beschreibung eines Thierkörpers als Vergleichungsgrundlage wählt; ich will hier nur einige Beispiele anführen. Bei den Gliederthieren trägt jeder Leibesring von Haus aus zwei Paare Bewegungsorgane, ein oberes und ein unteres. Das letztere wird nun wohl in den meisten Fällen umgestaltet zu einem Bein, das ausschließlich die Verrichtung der Ortsbewegung besitzt, allein es giebt eine Abtheilung von Krebsen, bei welchen sie offenbar die Verrichtung der Sauerstoffaufnahme in so hohem Grade besorgen, daß man sie Kiemenfüße genannt hat. Eine weitere Umgestaltung derselben ist die, wie wir sie am Hinterleib unserer Flußkrebse kennen. Dort sind sie dazu bestimmt, beim weiblichen Geschlecht die Eier zu tragen, die durch einen klebrigen Kitt an ihnen befestigt werden. Eine ähnliche Verrichtung haben sie bei unsern Wasserasseln, wo sie als dünne Plättchen durch ihre Aneinanderlage einen Brutraum herstellen, in welchem die Eier reifen und selbst noch die Jungen eine Zeitlang verweilen, bis sie die Fähigkeit erlangt haben, selbstständig ihrer Nahrung nachzugehen. Daß die Greifzange eines Krebses nichts anderes ist, als ein umgeformtes Bein, lehrt ein vergleichender Blick auf beide, desgleichen läßt sich nicht weniger leicht nachweisen, daß die seitlich stehenden Kiefer der Insecten und Krebse wieder nichts anderes sind, als eine bestimmte Umgestaltung des untern Paars der Bewegungswerkzeuge.

Wir sehen also hier, wie ein und dasselbe Ding bald diese, bald jene Verrichtung des Verkehrs mit der Außenwelt übernimmt und daher die Unmöglichkeit, bei der architektonischen Beschreibung eines Thierkörpers die Verrichtung zum Leitfaden zu nehmen. Anatomisch gleich sind nur die Dinge, die aus denselben Schichten des Körpers ihren Ursprung nehmen und an derselben Stelle sitzen, gleichgültig, welche Verrichtung sie auch haben. Erst die vergleichende Physiologie hat die Aufgabe, zu messen und zu bestimmen, wo diese oder jene Verrichtung, sei es ausschließlich, sei es zum Theil, besorgt wird.

Das gemeinschaftliche Merkmal aller der verschiedenen Arten von Bewegungsorganen ist ihr Ursprung aus der Muskelschicht. Ein solcher ist, wie ich bereits früher in der einleitenden Bemerkung über die Organe gesagt habe, nicht denkbar, ohne daß Lederhaut und Oberhaut einen Ueberzug über ihn abgeben. Wenn wir also ein solches Organ quer durchschneiden, so finden wir im Centrum einen Muskelkörper von mehr oder weniger regelmäßiger Anordnung, umgeben von Lederhaut und Oberhaut, und wo eine solche vorhanden ist, einer Chitinschicht. In vielen Fällen ist das Bewegungsorgan hohl und dann steht dieser Raum in Verbindung mit dem Perigastrium. So ist es bei den Fangfäden der Medusen und Polypen, der Würmer, bei den Fühlhörnern der Schnecken, den Beinen, Fühlhörnern und Kiefern der Insecten und Krebse, und endlich bei den mannigfaltigen Kiemenbildungen der Weichthiere.

Wo ein Gefäß- und Nervensystem, und endlich ein Knochensystem vorhanden ist, da senden alle drei Abzweigungen in das Innere eines solchen Bewegungsorgans, ja, wie wir später bei der Entwicklung zeigen werden, spielen namentlich die Nerven eine sehr wichtige Rolle bei der Entstehung der Bewegungsorgane.

Die Höhlung im Innern der Bewegungsorgane hat bei allen denen, die nicht durch starre Chitinhäute in ihrer Dehnungsfähigkeit beschränkt sind, also z. B. bei den Saugfüßchen der Seeigel und Seesterne, bei den Fangarmen der Medusen und Polypen rc., eine wichtige Verrichtung, indem das Hineinpressen der Ernährungsflüssig-

keit vom Perigastrium aus die Dehnung und Streckung des Organs bewirkt, während die Verkürzung auf dem Zusammenziehen des Muskelrohrs beruht.

Die Muskeln selbst stellen entweder ein ordentliches Rohr vor, dessen Wandung aus geschlossen liegenden Muskelzellen besteht, oder es ist zu einer Auflösung des Zusammenhangs der Muskelfäden gekommen, so daß die einzelnen meist in verschiedenen Richtungen das Ganze durchziehen, oder endlich stellt die Gesammtsumme der Muskelzellen einen einzigen Muskel vor, der frei durch die Lichtung des Rohrs dahin zieht; die Wandung des letztern wird dann nur von der Haut gebildet.

Sobald die Bewegungsorgane eine größere Länge besitzen, tritt in der Regel eine Gliederung derselben ein. Ausnahmen davon giebt es jedoch namentlich bei den niederen Thieren. So zeigen die oft sehr langen Stacheln der Seeigel, die Saugfüßchen derselben, dann die Fangarme der Blumenthiere, von denen manche wie die der großen Hutquallen im ausgedehnten Zustand die enorme Länge von 25—30 Fuß besitzen, keine Gliederung. Die letztere ist immer ein Zeichen höherer Organisation, erzeugt eine bestimmtere exactere Gebrauchsfähigkeit und geht in der Regel Hand in Hand mit dem Auftreten von Hartgebilden (inneren Knochen oder Hautskeletten), die dann durch sogenannte Gelenke mit einander verbunden sind.

Fassen wir das Gesagte kurz zusammen: Ihrem Bau nach sind die Bewegungsorgane Wucherungen, an denen sich alle drei Schichten der Leibeswand betheiligen, während die sogenannten Hautorgane nur von den zwei oberflächlichsten gebildet werden; das gemeinschaftliche Kennzeichen ihrer Verrichtung ist: sie besorgen den thätigen Verkehr mit der Außenwelt. Die großen Verschiedenheiten, welche uns ein Ueberblick über sie zeigt, bestehen anatomisch in den Unterschieden in Größe, Form, Consistenz, Gliederung des Ganzen, wie seiner einzelnen Schichten und Glieder, und erzeugt sind sie durch die mannigfaltigen Beziehungen, in die ein Thierkörper zu der Außenwelt treten kann. Es ist da gerade wie im Menschenstaat:

je vielseitiger und lebhafter der Verkehr ist, den ein solcher mit den benachbarten Staaten unterhält, um so weiter spaltet die Arbeitstheilung die einzelnen Staatsbürger in Gruppen, Corporationen, Werkstätten, Verkehrsanstalten ꝛc. Alle sind im Wesentlichen aus den gleichen Elementen zusammengesetzt, aber unendlich mannigfaltig ist ihre innere Organisation, unendlich mannigfaltig das Product ihrer Thätigkeit.

XXXV.

Der feinere Bau der Bewegungswerkzeuge.

Eine Schrift, wie die vorliegende, die sich nur die Aufgabe gestellt hat, dahin vorzudringen, wo die unbewaffnete Sehkraft nicht mehr hinreicht, kann sich natürlich nicht damit abgeben, zu zeigen, wie Arm und Bein des Menschen und der höheren Thiere, der Flügel des Vogels und die Flosse des Fisches gebaut ist; lösen sich doch unter dem Mikroskop alle Theile derselben auf in Muskelfäden, Bindegewebszellen, Knochenkörperchen, Gefäß- und Nervenröhren, die wir bereits kennen und die Haut, die das Ganze überzieht, zeigt dieselbe Schichtung und dieselben Organe, deren Schilderung bereits einige Seiten unserer Schrift füllt. Unsere Aufgabe kann nur die sein, die Bewegungswerkzeuge der kleineren niederen Thiere, welche sich wesentlich von denen des Menschen unterscheiden und deren Wirkung — selbst wenn das ganze Organ noch groß genug ist, um mit bloßem Auge sichtbar zu sein — doch blos verstanden werden kann, wenn wir das Mikroskop zu Hülfe nehmen. Von Allem kann natürlich auch hier nicht die Rede sein; es muß eine Auswahl getroffen werden, die nur den Zweck vor Augen hat, das Fernerliegende, Fremde und Ungewohnte, was dem Auge bei der ersten Begegnung so leicht den

Eindruck des Wunderbaren macht, getreu meiner Aufgabe vorzuführen, um dem Leser einerseits den Genuß der Wanderung durch fremde Gebiete zu verschaffen, andererseits ihm das Wunder aufzulösen in ein gesetzmäßiges Ineinandergreifen einfacher, ihm bereits bekannter Elemente.

Wenn wir von unten herauf in der Thierreihe anfangen, so treten uns unter den Bewegungsorganen — mit Ueberspringung der Scheinfüßchen der Wurzelfüßer, die wir schon früher geschildert haben — zuerst die Fangarme der Blumenthiere als merkwürdig entgegen. Der Bewohner des Binnenlandes hat es etwas schwer gegenüber dem, der an der Küste wohnt, sich solche Geschöpfe vor Augen zu führen. Während es im Meere, am Gestade, von Fleischpolypen wimmelt und im Frühjahr die Seewinde die Medusen zu Tausenden an den Strand blasen, ist die Landratte darauf angewiesen, an den Wurzelfäden der Wasserlinsen nach Süßwasserpolypen zu spähen, und mit der Lupe in der Hand ihren Lebensverrichtungen nachzugehen. Das Erste, was einen da mit Staunen und Bewunderung erfüllt, ist die außerordentliche Dehnbarkeit der acht oder zehn Fangarme, die im Kreis um das vordere Körperende stehen. Das Erstaunen steigert sich, wenn man sieht, wie ein Floh- oder Schalenkrebs, an Körpermasse nahezu den Süßwasserpolypen überragend, an einen der haardünnen Fangarme geräth, und dort plötzlich, wie vom Schlag gerührt, regungslos hängen bleibt. Wir begreifen ohne Weiteres, wie eine Fliege in einem Spinnengewebe sich fängt; wir sehen, wie sie, in Dutzenden von Fäden verstrickt, trotz allem Widerstand binnen Kurzem zum wehrlosen Opfer wird; aber die Wirkung eines Polypenfangarmes auf seine Beute streift an's Wunderbare, so lange wir nicht mit dem Mikroskop in der Hand die Apparate prüfen, mittelst deren ihm diese Wirkung gelingt. Schon bei mäßiger Vergrößerung sieht man (siehe Fig. 191 A) an dem Fangarm abwechselnde Anschwellungen, gebildet von der Oberhaut, indem dort zwischen den gewöhnlichen Epidermiszellen große Zellindividuen eingelagert sind von höchst eigenthümlichem Bau. Man erblickt im

Innern derselben einen spiralig aufgerollten Faden und bei Verfolgung der Contour der Zelle sieht man, wie an dem spitzen Ende der eiförmigen Zelle das Begrenzungshäutchen derselben sich trichterförmig nach einwärts stülpt und in den Spiralfaden übergeht (siehe Fig. 191 B). So nimmt sich das Ding im Ruhezustand aus. Im Moment einer lebhaften Zusammenziehung ändert sich der Anblick total (C). Die Einstülpung der Zellhaut springt hervor, und aus ihr entwickelt sich der Spiralfaden ebenfalls durch Ausstülpung zu einer beträchtlichen Länge. Diese sogenannten Nesselzellen enthalten eine ätzende, giftig wirkende Flüssigkeit, die durch Zerreißen des Fadens entleert wird. So erklärt sich die Betäubung des Schlachtopfers; das Festhalten desselben wird dadurch bewirkt, daß gleichzeitig die Fäden der Nesselzellen das Thier umstricken und festhalten. Es findet sich also hier in einer einzigen Zelle das vereinigt, was die Spinne in zwei Absätzen bewirkt, nämlich durch die Fäden ihres Netzes und den Biß ihrer giftigen Klauen.

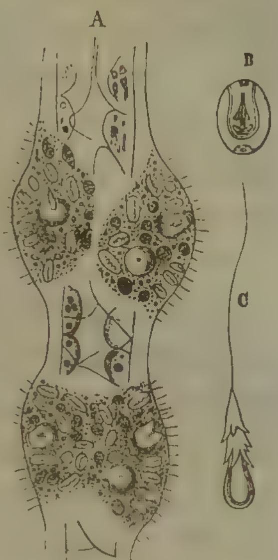


Fig. 191.

Solche Nesselzellen finden sich bei allen Blumen- und Korallenthieren und bei manchen derselben besitzen die Fäden eine ganz außerordentliche Länge, so bei manchen Fleischpolypen. Bei andern, wie den Seeblasen, die die tropischen Meere unsicher machen, ersetzt die enorme Zahl und die heftige Wirkung des Inhaltes die Länge der einzelnen Nesselfäden. Nach den Schilderungen Aller derer, die der Zufall oder der Forschertrieb veranlaßte, mit den Seeblasen Bekanntschaft zu machen, ist die Wirkung eine so heftige, daß Männer in Folge bloßer Berührung vor Schmerz ohnmächtig werden, geradeso wie ein Flohkrebs, wenn ihn der Fangarm eines Süßwasserpolypen berührt, und doch ist das Thier nicht größer als eine Schweinsblase.

Die außerordentliche Dehnbarkeit der Fangarme rührt davon her, daß die Muskelzellen kugelige Sarkodebläschen sind, die durch ihre

Contractionsfähigkeit in den Stand gesetzt werden, in dem einen Fall sich zu einem schmalen Keil abzuplatten, bald zu einer langen Spindel sich auszudehnen. So kommt es, daß ein vollgedehnter Fangarm sich auf den fünfzehnten bis zwanzigsten Theil seiner Länge verkürzen kann. So bedeutende Streckungsunterschiede vertragen sich blos mit dem homogenen Zustand der Sarkode. Sobald die contractile Zelle in einen Muskelfaden ausgewachsen ist, dessen Inhalt in steife Fleischprismen und zähflüssiges Protoplasma zerfallen ist, schwindet die Möglichkeit einer so bedeutenden Verkürzung.

Ein wunderbares Schauspiel gewähren die Bewegungsorgane der Stachelhäuter, insbesondere die der Seeigel. Bei den letzteren sehen wir deren dreierlei, oder wenn man die fünf kleinen auf dem Afterfeld stehenden gefranzten sogenannten Kiemenpaare hinzurechnet, viererlei. Die auffälligsten sind natürlich die S t a c h e l n, deren Structur ich schon früher, als ich von dem Hautskelett sprach, erörterte. Sie

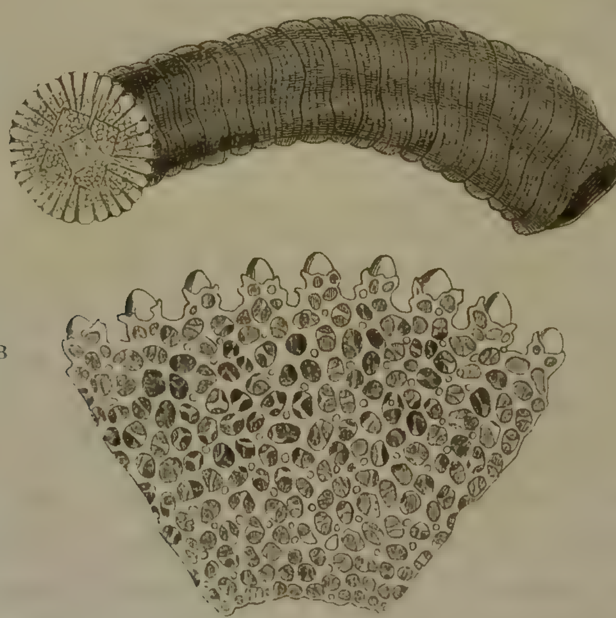


Fig. 192.

stehen mit einem ausgehöhlten Ende auf einer halbkugeligen glatt polirten Erhöhung der Hautknochenplatte. Ein Muskeltrichter entspringt im Umkreis der letzteren, um sich rings um den Rand des

untern Stachelendes anzusetzen. Eine gleichzeitige Zusammenziehung aller Muskelfäden preßt den Stachel fest auf den Gelenkknopf, so daß er steif und starr steht. Dies thut das Thier in dem Moment, wo es sich angegriffen fühlt. Bei abwechselnder Zusammenziehung der einzelnen Muskelfasern bewegt sich der Stachel nach allen Richtungen auf seinem Gelenkknopf. Beobachtet man einen marschirenden Seeigel, so sieht man, daß er seine Stacheln als Bewegungsorgane gebraucht, indem er sich auf denselben hebt und senkt; aber vom Fleck würde er mit Hülfe derselben schwerlich kommen, namentlich würde es ihm nicht gelingen, an Felsen oder überhängenden Gegenständen in die Höhe zu klettern. Da kommt ihm die zweite Gattung von Bewegungswerkzeugen zu Hülfe, die sogenannten Ambulacralfüßchen oder Saugfüßchen, die in zehn Doppelreihen zu Hunderten rings um den ganzen Körper stehen. Es sind zarte, mit Ring- und Längsmuskeln versehene, der höchsten Dehnung fähige hohle Röhren, die an ihrem Ende eine Saugplatte tragen. Die letztere ist durch vier oder fünf Plättchen aus zarten Kalknetzen versteift. Figur 192 A ist ein solches Saugfüßchen, a seine Endscheibe, B stellt ein einzelnes Kalkplättchen aus der Saugscheibe bei stärkerer Vergrößerung dar. Mittelst dieser außerordentlich dehnbaren Saugfüße, die, wie gesagt, zu Hunderten in jeder Polhöhe des kugeligen Körpers sich finden, gelingt es dem Seeigel, nicht nur die schwere Masse seines Leibes an senkrechten Wänden in die Höhe zu ziehen, sondern er kann sich sogar so fest mit ihnen halten, daß man nicht im Stande ist, ihn von seiner Unterlage wegzunehmen, wenn man nicht eine Gewalt an-

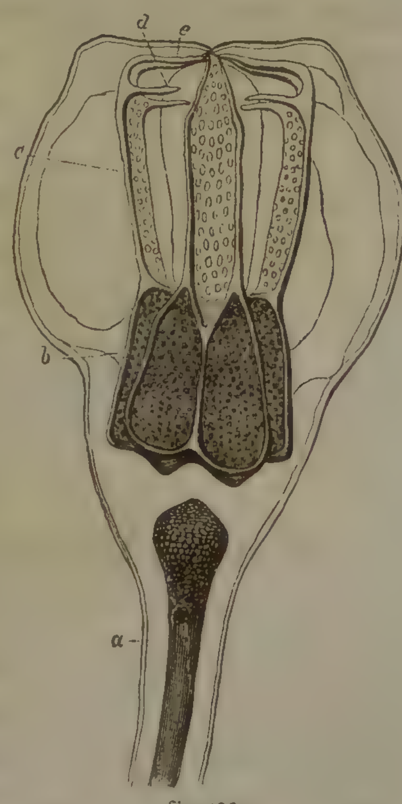


Fig. 193.

wendet, die mehr als hinreichend ist, um sich an den Stacheln zu verwunden.

Nicht minder interessant sind die eigenthümlichen Greiffüßchen des Seeigels, die überall zwischen den Stacheln zerstreut stehen. Es sind knopfförmige Körper, mit langen zarten Stielen, wie eine Blumenknospe aus 3 Klappen zusammengesetzt, die sich öffnen und gegen einander schließen können. Figur 193 zeigt das Ende eines solchen Fangorgans. Die weichen Theile sind nur durch Contouren angedeutet, um die im Innern liegenden zierlichen Kalkbildungen, den centralen Kalkkörper des Stiels und die Kalkkrallen im Innern der drei Lappen besser sehen zu können. Schon mit einer mäßigen Lupe erkennt man, welchen Gebrauch der Seeigel von diesen Apparaten macht. Man darf ihm nur zwischen seine Stacheln Seesand fallen lassen. Sofort wird ein Sandkorn von einer solchen dreiklappigen Zange gefaßt, die es dann weiter der nächstliegenden übergiebt. So wandert es von einer zur andern, bis es von der letzten an die Mundöffnung befördert, und dort entweder verschlungen oder weggeworfen wird.

XXXVI.

Die Bewegungsorgane der Gliederthiere und Weichthiere.

In England und Frankreich und seit einiger Zeit auch in der Schweiz und Deutschland giebt es Geschäfte, die sich mit der Anfertigung mikroskopischer Präparate, zum Verkauf an Liebhaber, abgeben. Unter diesen spielen die Bewegungswerkzeuge der Gliederthiere die wichtigste Rolle. Zeichnen sie sich doch nicht nur durch große Schönheit in Form und Detail aus, sondern lassen sich auch verhältnißmäßig leicht anfertigen, ohne daß dabei tiefere anatomische

Kenntnisse nothwendig wären. Man darf übrigens dabei nicht übersehen, daß bei diesen Präparaten von den Weichtheilen in der Regel nichts mehr vorhanden ist. Meist ist es, wie bei Figur 194, die den Fuß einer Fliege darstellt, nur die starre Chitinhaut mit ihren zierlichen Oberflächenbildungen, den Krallen, Haftläppchen, Saugröhrchen, Borsten und Haaren, und wenn sich von den innern Organen noch etwas erhält, so sind dies die ebenfalls aus einer Chitinhaut bestehenden Röhren des Tracheengefäßsystems. Sehr schön entwickelt ist dies namentlich an den Präparaten von den Rüsseln saugender Insecten, besonders der Fliegen. Einen solchen stellt Fig. 195 dar, und zwar von der Stubenfliege.



Fig. 194.

Trotzdem, daß solchen Präparaten die eigentlich bewegenden Theile, die Muskeln, fehlen, belehren sie uns doch über manche auffallende Erscheinungen in den Bewegungen der Insecten. So erklärt sich die Leichtigkeit, mit der sich viele Insecten selbst an den glättesten Flächen, wie polirtem Glas, festhalten können durch das Vorhandensein von Saugapparaten. Schon bei dem oben in Figur 194 abgebildeten Fliegenfuß sieht man sie als zarte Röhrchen auf der Oberfläche der Haftläppchen, aber am schönsten und großartigsten lassen sie sich erkennen an den Füßen der großen Schwimmkäfer (Dytiscus), von denen einer

bei mäßiger Vergrößerung in Figur 196 A dargestellt ist. a und b sind zwei große Saugapparate, c sind die gewöhnlichen, in großer Anzahl auf einer Fläche beisammen stehenden Röhrchen mit der



Fig. 195.

Saugscheibe am Ende, deren eines auf derselben Figur bei B besonders dargestellt ist. Der Bau ist im Wesentlichen folgender: Auf eine steife Chitinröhre ist eine elastische Platte aufgesetzt. Sobald

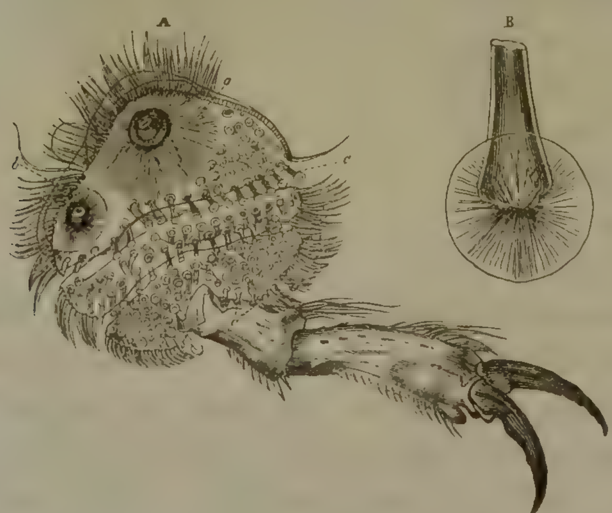


Fig. 196.

die Flüssigkeit in der Röhre durch die Muskelwirkung des Bewegungsorgans aus der Röhre theilweise herausgezogen wird, so wölbt sich die elastische Endplatte in ihrer Mitte einwärts gegen die Lichtung

der Röhre. Die Folge davon ist die Entstehung eines luftleeren Raumes zwischen der freien Fläche der Platte und dem Gegenstand, an dem sie anliegt. Gerade die große Zahl und Feinheit der einzelnen Saugröhrchen befähigt solche Thiere, sich selbst an den ungünstigsten Flächen festzusaugen.

Anders gebaut sind die Saugnäpfe, wie wir sie beispielsweise in so großartigem Maaßstabe entwickelt an den Fangarmen der Tintenfische kennen. Diese bestehen aus einem Wulste von Muskelfasern, die strahlenförmig, kreisförmig und der Länge nach durcheinander gewebt sind. Auf der Haftfläche liegt eine hornige elastische Chitinplatte, die schon im Ruhezustand trichterförmig gehöhlt ist. Will das Thier einen Gegenstand fassen, so preßt es diese unter gleichzeitiger Abplattung derselben durch die Wirkung der strahligen Muskeln an. Sobald die Zusammenziehung der Muskeln nachläßt, sucht sich die Hornplatte wieder trichterförmig zu vertiefen und wirkt so wie ein Schröpfkopf, eine Wirkung, die natürlich noch gesteigert wird, wenn die Thätigkeit der Ringmuskelfasern eine weitere Vertiefung des Trichters anstrebt. Jeder, der zum ersten Mal von der Saugscheibe eines Tintenfisches und zwar besonders vom Octopus, dem sogenannten Volpo gefaßt wird, geräth in förmlichen Schrecken über die Kraft, mit der dies geschieht, und seit ich es wiederholt beobachtet habe, glaube ich gerne an die festen Versicherungen der Dalmatiner, daß ein nicht allzugroßer Volpo im Stande ist, einen Menschen in die Tiefe zu ziehen, wenn er ihn mit dem einen Theil seiner acht Fangarme an den Beinen ergreift und mit dem andern sich an den Klippen des Ufers festhält. Ich habe wenigstens gesehen, wie ein Volpo, dessen Leib kaum die Größe einer Mannsfaust besaß, sich so fest an der glacirten Oberfläche eines mit etwa zwei Maaß Seewasser gefüllten Topfes hielt, daß bei einem Versuch ihn loszureißen das Gefäß aufgehoben wurde. Es entspricht dies einer Kraft von mindestens zehn Pfund Gewicht; schon so viel trägt nicht leicht jeder Schwimmer an seinen Beinen und zudem giebt es Volpi, die wenigstens achtmal so groß werden, als der eben erwähnte.

Einer besonderen Erwähnung werth sind die Flugwerkzeuge der Insecten, von denen sich entweder ein oder zwei Paare vorfinden. Ihrer Entstehung zu Folge sind sie hohle, flachgedrückte Auswüchse aller Schichten des Hautmuskelschlauchs, die Höhlung ein Fortsatz des Perigastriums. Durch das Zusammenpressen des Flügels können zwei Blätter, ein oberes und ein unteres, unterschieden werden, zwischen denen die mehr oder weniger zierlich verzweigten Tracheenröhren, begleitet von Nerven, laufen. Der Flügel eines frisch ausgeschlüpften Imago (so nennt man das vollkommene Insect im Gegensatz zu Raupe und Puppe) ist zu einem kurzen stumpfen Zäpfchen zusammen geknittert. Beobachtet man ein solches Thier in dem Moment, wo es die Puppenhülle verlassen, so sieht man, wie die Flügel sich allmälig, und zwar z. B. bei den Libellen unter hörbarem Knistern entfalten. Dies wird bewirkt durch das Einblasen der Luft in die Tracheen des jungen Flügels. Man erkennt recht deutlich, daß die erste Thätigkeit des Thiers ein angestrengter Athmungsproceß ist, denn das Einblasen der Luft hat Eile: Die Chitinhaut, die den Flügel überzieht, ist nämlich Anfangs sehr weich und biegsam, aber einmal an die Luft getreten, erhärtet sie in dem Maaß, als die Verdunstung ihr Wasser entzieht. Tritt dies ein, ehe der Flügel aufgeblasen ist, so bleibt er zeitlebens verkümmert und verknittert. Man kann dies künstlich dadurch hervorrufen, daß man ein solch frisch ausgeschlüpftes Insect dem rasch trocknenden Sonnenschein aussetzt, ohne daß es durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre geschützt wäre.

Eine mikroskopische Prüfung eines Insectenflügels zeigt uns in den sogenannten Rippen oder Flügelnerven die Stellen, wo die Tracheen und die Nerven verlaufen, umgeben von Ernährungsflüssigkeit, die aus dem Perigastrium kommt, und in den Hohlräumen zwischen den beiden Blättern, aus denen der Flügel besteht, circulirt. In den Adern haben sich auch noch lebendige Oberhautzellen erhalten; in den Zwischenräumen jedoch zwischen dem Adernetzwerk liegen blos die zwei Chitinhäutchen dicht an einander. Die Muskelschicht setzt

sich nicht bis an die freie Spitze des Flügels fort, sondern dringt nur eine kurze Strecke in das angewachsene Ende hinein, so daß der Flügel nur im Ganzen bewegt werden kann und somit in seiner größten Ausdehnung nur eine Hautduplicatur ist.

Bei den Käfern, Wanzen ꝛc. sind bekanntlich die hintern häutigen Flügel im Ruhezustand zusammengefaltet und eingeknickt. Sie werden gestreckt und entfaltet, indem das Insect durch die Wirkung seiner Brustmuskeln Ernährungsflüssigkeit in die Bluträume des Flügels hineinpreßt.

Eines der bekanntesten und zierlichsten mikroskopischen Objecte sind die Schuppen, die die Flügel der Schmetterlinge bedecken. Sie entstehen wie die Haare um Fortsätze der Oberhautzellen, die sich in eine Chitinschicht hüllen. In manchen Fällen sieht man noch den Hohlraum, in dem dieser Fortsatz lag; meistens jedoch ist auf dem Fortsatz auch die Lichtung verschwunden, und man sieht an der Schuppe nichts mehr, als die feinen Fältlungen und Streifungen



Fig. 197.

der Chitinhaut (siehe Fig. 197). Bekanntlich werden sie als sogenannte Probeobjecte von den Mikroskopikern benützt.

Unter den Bewegungsorganen der Gliederthiere sind noch zu erwähnen die Giftstacheln, wie sie beispielsweise die Bienen besitzen. Ihre Wirkung beruht auf dem Vorhandensein von zwei Drüsen, die bald einzeln bald zusammen in einen von einer Muskellage umgebenen Giftbeutel münden. Durch den Druck derselben wird das Gift in die von dem harten Chitinstachel gebohrte Wunde gepreßt. Der Stachel selbst besteht aus zwei mehr oder weniger fest

mit einander verbundenen Pfriemen, die sich in einer gespaltenen Hornscheide bewegen. Aehnlich verhält es sich mit den Giftklauen der Spinnen und Skorpione.

Complicirte Apparate sind die Saugwerkzeuge der Insecten. Sie werden gebildet durch eine Umwandlung und theilweise Verschmelzung mehrerer Bewegungsorgane. Wir müssen zum Verständniß zuerst das Schema geben. Von Bewegungswerkzeugen stehen um den Mund eines Gliederthieres einmal zwei Paare von Kiefern (in ihrer Bedeutung nichts anderes als verkürzte umgewandelte Beine), nach vorn von ihnen die Oberlippe, nach hinten die Unterlippe, und hierzu tritt dann die aus der Mundöffnung hervorragende Zunge.

Bei den Fliegen wird der Rüssel von der verlängerten und knieförmig gebogenen Unterlippe gebildet; bei den Wanzen liefert die Unterlippe zwei rinnenförmige Fortsätze, die sich zu einer Röhre zusammenlegen, und in dieser bewegen sich die zu stechenden Borsten umgewandelten beiden Kieferpaare; bei den Schmetterlingen sind es die Unterkiefer, die in zwei lange Halbrinnen ausgewachsen sind und durch ihr Zusammenlegen zu einer Röhre das Saugorgan herstellen. Bei den Bienen endlich, deren Saugapparat in Figur 198 dargestellt ist, ist es die Zunge a, welche das Saugen vollzieht, b sind die beiden mit zackigen Zähnen versehenen Oberkiefer, c die lappigen Unterkiefer und d die Tastfortsätze der Lippe.

Es ist dies eines der schönsten Beispiele, wie überall da, wo eine Vielzahl von Haus aus gleich gebildeter (sogenannter homologer) Theile vorhanden ist, eine bestimmte Verrichtung, wie also hier das Saugen, bald von diesem, bald von jenem Paar übernommen werden kann, das dann seiner Function entsprechend anatomisch abgeändert wird, ohne übrigens aus seinem Grundschema herauszutreten.

Die äußeren Begattungswerkzeuge und Legröhren der Insecten zu beschreiben, würde uns zu weit führen. Der Leser merke sich nur, daß Alles, was an einem Insectenleib von beweglichen Organen drum- und dranhängt, so verschiedengestaltig es auch sein möge, so

verschiedenen Beschäftigungen es auch dient, zurückgeführt werden kann auf das einfache Schema, das der Leibesring der Borstenwürmer uns zeigt. Dort stehen von Haus aus zwei Paar Auswüchse



Fig. 198.

aller drei Schichten der Leibeswand, und wir haben es bei den Krebsen, Insecten und Spinnen mit nichts anderem zu thun, als mit einer Detailausführung dieser einfachen Grundlage. Der seltenere Fall ist der, daß beide Paare an einem Ring gleichzeitig vorhanden sind, so an der Brust der Insecten, wo das obere Paar die Flügel, das untere die Beine sind, und an der Kopfbrust der zehnfüßigen Krebse, wo die untern die Beine, die obern die Kiemenblätter sind. Meist ist nur das untere Paar übrig geblieben. Am Kopf ist es Kau- oder Saugwerkzeug, am Bauch Fuß, am Hinterleib Stachel, Legröhre, Haftapparat, Eierträger, Kieme oder äußeres Geschlechtswerkzeug.

Von den Weichthieren, deren Leibesfortsätze bald einfache hohle Hautlappen sind und als Athmungsorgane beschrieben werden, bald als cylindrische oder zipflige äußerst bewegliche aus- und einstülpbare Sondirungswerkzeuge — den Fühlern und Palpen der Insecten vergleichbar — am vordern Ende des Leibes stehen, oder als Franzen die großen Mantelspalten der Muscheln säumen, oder endlich als mächtiger Muskelfuß an der Sohle des Thiers als ausschließliches Werkzeug des Ortswechsels verwendet werden, ist nichts Besonderes zu erwähnen, was ihren mikroskopischen Bau vor dem des übrigen Leibes auszeichnete. Nur des Byssusorgans will ich erwähnen, das eine Reihe von Seemuscheln besitzt. Der sogenannte Fuß ist bei diesen Thieren zu einem langen zungenförmigen Organ ausgebildet, das an seiner hinteren Fläche eine tiefe Rinne besitzt. In dieser Rinne wird von großen Epidermiszellen eine erhärtende hornartige Substanz abgeschieden, die das Thier mit seinem Fuß in ähnlicher Weise zu Fäden verspinnen kann, wie dies die Spinne mit der Absonderung ihrer Spinndrüsen auszuführen im Stande ist.

Doch genug aus dieser reichen Welt zierlicher Bildungen auf kleinstem Raum, wo die Arbeitstheilung einen so unendlichen Wechsel erzeugt, von den Werkzeugen, die alle zusammen den einen Beruf haben, die äußeren Angelegenheiten zu erledigen, wenden wir uns im Folgenden zu dem inneren vegetativen Leben des Thierkörpers, um zu sehen, wie auch dort aus den Schichten des Darmcanals und an den Systemen sich Werkzeuge entwickeln, deren Aufgabe es ist, bestimmte Verrichtungen des häuslichen Verkehrs zu übernehmen.

XXXVII.

Die Darmdrüsen.

Als ich dem Leser das Schema vom Körper höherer Thiere vorführte, habe ich ihm wiederholt die Bemerkung gemacht, daß die oberflächlichste Lage von Zellen, die das Innere des Darms auskleidet, wenn man so will, eine Fortsetzung des Oberhäutchens ist, indem an Mund und After Epitel und Oberhaut in continuirlicher Lage in einander übergehen. Ich habe auch ausgesprochen, daß die Natur dieser Zellschicht im Wesentlichen mit der der Oberhaut übereinstimmt. Natürlich ist das cum grano salis zu nehmen, der Unterschiede sind nicht wenige, eben in Folge davon, daß denn doch die Verhältnisse, unter denen eine Zelle auf der Darmoberfläche lebt, andere sind, als die, unter denen eine Oberhautzelle ihr Dasein fristen muß. Am meisten ist natürlich dieser Unterschied ausgebildet bei denjenigen Thieren, die in der Luft leben; denn wenn auch in die Darmhöhle mit der Nahrung eine größere oder geringere Quantität Luft aufgenommen wird, so leben doch die Zellen des Darms bei allen Thieren ohne Ausnahme in einem flüssigen Mittel. Die Kehrseite dazu bildet die Aehnlichkeit zwischen Epitel- und Oberhautzellen bei den Thieren, die im Wasser oder feuchter Erde ꝛc. leben, vorausgesetzt daß nicht durch eine außergewöhnliche Production von Chitinstoff die Oberhautzellen gewissermaßen erdrückt und zu einer sogenannten Chitinogenmembran zusammengeschmolzen sind (siehe oben).

Bei dieser Aehnlichkeit ist vorauszusetzen, daß die Epitelzellen des Darms ähnliche locale Wachsthumserscheinungen zeigen, wie wir sie bei der Oberhaut gesehen haben. Das findet denn auch in höchst ausgedehnter Weise statt, ohne daß jedoch derselbe Grad von Mannigfaltigkeit erreicht würde.

Im Wesentlichen beruht die Entwicklung der Organe des Darm-

epitels auf demselben Vorgang. Es kommt zur Bildung von keulenförmigen Zapfen, die in das unterliegende Bindegewebe — die Sammthaut des Darms — sich einbohren. Die Monotonie besteht darin, daß nur eine Art von Endentwicklung sich findet, nämlich die, wo der Zellzapfen unter Absonderung einer sogenannten Tunica propria auf seiner äußeren Oberfläche innen hohl wird und so eine Drüsenröhre darstellt, die gegen den Darm hin mit einer freien Mündung versehen ist. Im Darm des Menschen hat man diese Drüsen, die vom Magen anfangen und über den ganzen Darm sich erstrecken, und zwar in dicht geschlossener Reihe, einem alten Anatomen zu Ehren die Lieberkühn'schen Drüsen genannt. Sie liefern eine wässerige Absonderung, eiweißhaltig, von der man glaubt, daß sie die Zersetzung der Nahrungsstoffe befördert. Sie sind in Figur 199 bei b ersichtlich



Fig. 199.

gemacht: Wie man sieht, liegen sie so dicht geschlossen, daß man im Querschnitt des Darms eine eigene Drüsenschicht unterscheiden kann, die beinahe so mächtig ist, als die Muskelschicht, deren Längs- und Querfaserlage in d der obigen Figur abgebildet ist. Sie durchsetzen die bindegewebige Sammthaut in ihrer ganzen Dicke.

Im Schlund der Mundhöhle und im Zwölffingerdarm schlägt

der Zellkolben des Epitels einen ähnlichen Weg ein, wie er schon in der Haut durch die gelappten Talgdrüsen vorgeschrieben worden ist. Am freien Ende theilt er sich nämlich in eine größere oder geringere Zahl von Lappen, deren jeder seinerseits am Ende wieder kolbig anschwillt, und zum zweiten und dritten Mal sich theilen kann, bis es zu einer Entwicklung kommt, für die wir keinen bessern Vergleich finden können als den mit einer Traube, wo an einem vielfach zweitheilig verästelten, von einem Stiel ausgehenden Bäumchen endständige Beeren sitzen. Figur 200 ist eine Schleimdrüse aus der Mundhöhle des Menschen, a die von der Bindeschicht gelieferte Hülle, b der Ausführungsgang, c die Drüsenbläschen, d die Gänge der einzelnen Läppchen. Sämmtliche Theile: Stamm, Zweige, Aeste und die kolbigen Enden sind hohl. Man nennt solche Drüsen traubige und wir werden weiter unten sehen, zu welch umfänglichen Gebilden dieser Entwicklungsgang dann führt, wenn die Wucherung fortdauert.



Fig. 200.

Ich will nur noch zuerst von einer Modification sprechen, die als eine Art von Sackgasse zu betrachten ist, weil sie keiner höheren Entwicklung fähig ist und nur vereinzelt im Darm vorkommt. Der kolbenförmige Auswuchs löst sich, nachdem er in die Sammthaut eingedrungen, von seinem Mutterboden los und liegt nun im Innern der Sammthaut als ein kugeliger Zellhaufen, der, wenn er größere Dimensionen annimmt, nach dem Vorgang einer traubigen Drüse rundum lappige Fortsätze in das Bindegewebe der Lederhaut hinaus entwickelt. Man sieht solche Körper in Figur 199 bei c. Man hat sie ihrem Entdecker zu Ehren Peyer'sche Drüsen

genannt und ist über ihre Verrichtungen noch sehr im Unklaren. Sie liegen meist haufenförmig beisammen.

Ich kann bei dieser Gelegenheit eine Bemerkung nicht unterdrücken, die mir für das Verständniß des Thierkörpers von hoher Bedeutung zu sein scheint. Als man anfing, Anatomie zu treiben, hatte man nur einen Zweck vor Augen, nämlich die Verrichtungen des gesammten Thierkörpers, die den Inbegriff des Lebens ausmachen, zu erklären, indem man für jede einzelne Verrichtung das betreffende Organ suchte. Man fand nun nicht blos — oder glaubte vielmehr gefunden zu haben — für jede Verrichtung ein Organ, man fand außerdem noch eine Menge von Dingen, deren Verrichtung theilweise bis auf den heutigen Tag noch in Dunkel gehüllt ist. Getreu dem Gesichtspunkt, von dem man ausging, nahm man im Vorhinein an, daß jede Zelle oder Zellgruppe, die in einem Thierkörper sich findet, eine bestimmte Verrichtung, die dem Ganzen zu Gute kommt, besitze. Nun häufen sich aber die Fälle immermehr, wo nicht nur einzelne Theile des Körpers, denen man mit scheinbarem Recht eine wichtige Bedeutung für Leben und Erhaltung des Ganzen zuschrieb, durch gewaltsame Eingriffe oder Krankheitsprocesse zerstört werden können, ohne daß für die Gesammtheit ein wesentlicher Nachtheil entsteht, und Fälle, wo von gewissen Zellpartien sich eben einmal durchaus nichts Vernünftiges über ihre Bethätigung am Gesammthaushalt sagen läßt. Etwas der Art sind diese Peyer'schen Drüsen; beim Typhus vereitern sie, ohne daß später ihr Fehlen mit irgend welchen greifbaren Nachtheilen für den Menschen verbunden wäre, und wenn man die Physiologie um ihre Bedeutung fragt, so hört man nur Vermuthungen äußern, für die sich kaum etwas anderes als negative Beweise in's Feld führen lassen. Diese Schwierigkeit verschwindet sofort, wenn man den Organismus als das auffaßt, was er in der That ist, als eine nach bestimmten Gesetzen geregelte Colonie von Einzelwesen, von denen allerdings, je vollkommener die Organisation ist, eine große Anzahl nicht geschädigt werden darf, wenn nicht das Ganze darunter leiden soll. Allein es wäre ebenso sonderbar, anzunehmen, daß die Existenz eines jeden Ein-

zelnen zur Existenz des Ganzen nothwendig sei, oder jeder Einzelne eine wichtige, so zu sagen eine politische Rolle spielt. Es giebt in jedem Thier- und Pflanzenkörper eine Masse von Zellen, die in ihm nur deshalb leben, weil sie einmal dort die Bedingungen ihrer Existenz finden, die aber für das Ganze eine ebenso unwichtige Rolle spielen, als im Staat irgend ein Privatmann, der mit seiner Familie für sich lebt und höchstens als Steuerzahler sein Scherflein zur Erhaltung des Ganzen beiträgt. Seine Stellung zum Staatsganzen ist eine total andere, als die eines Gliedes in der organisirten Beamtenhierarchie. Die Steuerzahler machen allerdings durch ihre Masse den Staat aus, aber das Leben des Staates hängt nicht von der Existenz des Einzelnen ab, sondern von der der Gesammtheit. Bei dieser Auffassung kommt man zu einem viel objectivern Verständniß des Organismus, als wenn man in jeder Zellcolonie eine geheime Verbindung wittert, welche sich zu irgend einem wichtigen Complot verschworen hat. In vielen Fällen ist's nichts anderes als ein Häufchen friedlicher Bürger, die sich dort einen häuslichen Heerd gegründet, und so lange stillvergnügt leben, als sie Nahrung und Broderwerb finden. Oder soll man vielleicht die Zellen, die zusammengetreten sind, um beim Manne das Rudiment einer Gebärmuttter darzustellen, anders ansehen, als etwa ein auf dem Wege der Vererbung entstandenes, aber heute gänzlich außer Zusammenhang mit dem Staatsganzen stehendes Stückchen Mittelalter, oder wie jene Inseln längst ausgestorbener Sprachen, wie sich in der menschlichen Gesellschaft hier und da eine in abgelegenen Gebirgsthälern lange Zeit erhielt, nachdem der betreffende Culturzustand oder die betreffende Sprache längst aufgehört haben, in der Welt eine Rolle zu spielen?

Doch gehen wir wieder über zur Schilderung der factischen Verhältnisse, wie sie uns durch locale Entwicklungsvorgänge des Darmepitels dargeboten werden, nämlich zur Schilderung der umfangreichen sogenannten Drüsen, die wir schon bei verhältnißmäßig niederen Thieren als Anhängsel des Darmes finden, und die alle ihre Entwicklung einer localen Wucherung des Epitels verdanken. Es würde zu weit

führen, wenn ich alle die Drüsen im Detail schildern wollte. Ich will hier nur eine kurze Uebersicht, zunächst über die beim Menschen vorkommenden geben und dann noch einige Bemerkungen anfügen über die Verhältnisse, wie wir sie bei andern Thieren finden.

Beginnen wir bei der Mundöffnung, so haben wir zunächst in der Mundhöhle kleine traubige Drüsen an der innern Schleimhaut der Lippe, am harten Gaumen, deren Absonderung eine schleimige Flüssigkeit ist. Weiter begegnen wir einigen umfangreicheren Drüsen, ebenfalls nach dem System der traubenförmigen gebaut, die den sogenannten Speichel absondern. Die größte derselben, die sogenannte Ohrspeicheldrüse, liegt in der Mitte der Wangenwand und mündet mit einem ziemlich weiten Ausführungsgang an der Innenfläche derselben. Einen empfindlichen Beweis ihres Daseins giebt sie, wenn sie durch gewaltsames Blasen, z. B. beim Blasrohrschießen, mit Luft gefüllt wird. Es erzeugt dies einen spannenden Schmerz im Kieferwinkel. Einige kleinere Speicheldrüsen finden sich noch an andern Stellen des Mundes, mikroskopisch im Wesentlichen gleichgebaut. Bei den Thieren sind ziemlich tief hinab in der Reihe derselben Drüsen zu finden, von oft sehr bedeutendem Umfang, die ihr Absonderungsproduct in den obern Theilen des Darmschlauches in Mund- und Schlundhöhle ergießen, und die man im Allgemeinen nach der Analogie mit dem Menschen auch Speicheldrüsen nennt, obwohl nicht darunter verstanden werden darf, daß die Flüssigkeit, die sie absondern, dieselbe Zusammensetzung wie der Speichel des Menschen hat, denn die sogenannten Spinndrüsen, die den Raupen den kautschukartigen Stoff zur Bildung ihrer Gewebe liefern, können nur ihrer Lage nach mit den Speicheldrüsen verglichen werden. Das Gleiche gilt von den Drüsen, die das Gift der Schlangen absondern; auch die Schnecken und Krebse besitzen sogenannte Speicheldrüsen.

Eine der wichtigsten Wucherungen der Schleimhaut für die höheren Wirbelthiere ist die Lunge. Verfolgt man ihre Entwicklung beim Embryo, so sieht man, daß sie im Wesentlichen dieselbe Ausgangsform hat, wie alle Drüsen des Darmepitels. Es ist ein ursprüng-

lich solider Zapfen, der auf der untern Fläche des Epitels durch locale Wucherung entsteht. Die übrigen Schichten des Darms, die Sammthaut und Muskelschicht, stülpt er vor sich her, so daß sie eine Hülle um ihn bilden, und dann baumförmig fortwachsend treibt er unter immer weiter gehender Verästlung, wobei gleichzeitig durch concentrische Differenzirung das Ganze hohl wird, einen reichen Drüsenbaum mit kugeligen Endbläschen. Anfänglich liegen die Lichtungen der Röhren und Bläschen dicht an einander, und erst im Moment der Geburt, wenn das neugeborne Thier zum ersten Mal seinen Brustkasten erweitert, wird die Drüse ebenso aufgeblasen, wie dies vorübergehend und abnormer Weise bei der Ohrspeicheldrüse geschehen kann. Der Unterschied ist nur der, daß die Füllung mit Luft eine permanente bleibt und eine wesentliche Rolle für die Erhaltung des Ganzen spielt. Der Bau der Lunge ist im Ganzen derselbe wie der des Darms: selbstverständlich, weil alle drei Schichten, Epitel, Sammt- und Muskelhaut, an der Wucherung sich betheiligten. Die innerste Lage bildet ein Epitel, das sich nur dadurch vom Darmepitel unterscheidet, daß es Flimmerhaare besitzt (siehe Fig. 201, das Epitel

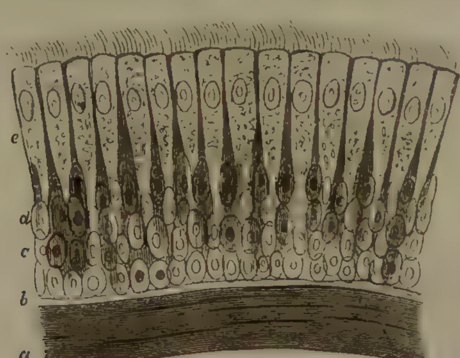


Fig. 201.

aus der Luftröhre des Menschen). Die Endbläschen dagegen, von denen ich eines bereits in der ersten Lieferung (siehe Fig. 21 Seite 21) abbilden ließ, tragen kein Flimmerepitelium, sondern eine einfache Lage polygonaler Zellen. Daß in der unter dem Epitel liegenden Bindeschicht Knorpel und Knochenbildungen vorkommen, daß in den weiteren Aesten, also namentlich im Hauptstamm der

Drüse, die sogenannte Luftröhre wieder als Organ im Organ kleine traubige Schleimdrüschen aus dem Epitel entwickelt, ist eine einfache Folge des Umstandes, daß, wenn durch eine solche Knospung ein Anhangstheil dieselbe Höhe der Entwicklung erreicht hat, wie das Organ, von dem er abzweigte, er auch wieder ebenso zu Abzweigungen zweiter Ordnung Anlaß geben kann, wie die Grundlage des Ganzen.

Von größeren Drüsen des Darmes haben wir nun eigentlich nur noch zwei zu erwähnen, die Bauchspeicheldrüse und die Leber. Die erstere ist wieder eine traubige Drüse, wie die Lunge und die Speicheldrüsen, liegt dem Magen an und sendet ihre Absonderungsproducte in den Zwölffingerdarm. Ihr mikroskopischer Bau bietet keine besondern Eigenthümlichkeiten. Etwas anders gebaut ist die Leber. Nicht als ob sie von einer andern Grundform ausginge, sie entsteht ganz ebenso als Wucherung aus dem Darmepitel, verzweigt sich ebenfalls, wenn auch nach anderem Theilungsgesetz, baumförmig und wird hohl, allein es kommt nicht zur Bildung von Endbläschen. Verfolgt man einen Gallencanal bis zu seinem Ende, so sieht man, wie er zwischen einem Haufen von sogenannten Leberzellen, die etwas

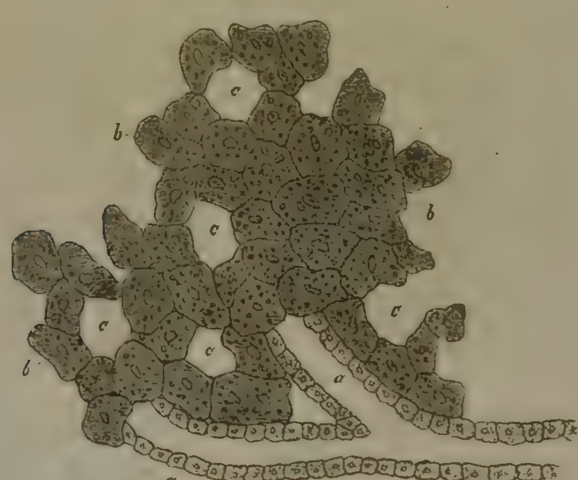


Fig. 202.

größer sind als die Zellen, die die Lichtung des Gallencanals umgeben, als Sackgasse aufhört. Figur 202 giebt eine Vorstellung hiervon. a sind die Zellen des Gallenganges und b die dichtgedräng=

ten Leberzellen, die allerdings auch wieder eine Art von Geflecht darstellen, da ein reiches Netz von Blutgefäßen sie durchzieht; c sind die Lücken, in denen diese letzteren laufen. Die eigenthümliche Anordnung der Blutgefäße, die hier doppelter Natur sind, erzeugt einen lappigen Bau des Ganzen und Figur 203 giebt ein Schema eines



Fig. 203.

solchen Läppchens. Diese Figur zerfällt in drei Theile. An dem einen sind die Leberzellen entfernt, man sieht da bei a die cavernösen Räume des bindegewebigen Fachwerks. Im andern Theil bei b liegen die Leberzellen noch ungestört, man sieht, wie aus ihnen die Gallengänge (c) heraustreten, um einen größeren Gallengang zusammen zu setzen. Der dritte Theil zeigt übersichtlich den Zusammenhang des Gefäßsystems: d ist das Ende eines Pfortadergefäßes, e die Wurzel einer Lebervene und f das Capillargefäßnetz, durch das das Blut von der Pfortader in die Lebervene übergeht, während es gleichzeitig die Leberzellen ernährt und mit ihrem Absonderungsstoff versieht.

Weiter nach abwärts im Darm begegnen wir keinen größeren Drüsen mehr. Wir haben also nur noch zu erwähnen, daß auch bei den wirbellosen Thieren am mittleren Abschnitt des Darmschlauchs meistens umfangreichere Drüsen oder eine große Zahl einfacher Drüsenschläuche sich finden, die die vergleichenden Anatomen Leber oder Leber-

schläuche nennen, obwohl es noch in keinem einzelnen Fall gelungen ist, eine Uebereinstimmung des Absonderungsproductes mit dem, was wir beim Menschen Galle nennen, nachzuweisen. Sie sind bald traubig gebaut, wie bei vielen Mollusken, bald sind sie lange cylindrische Schläuche, die rings um den Darm herumsitzen. Bei den Insecten sind sie da, wo der Mitteldarm in den Enddarm übergeht, als ein Büschel oft äußerst langer fadenförmiger Reihen angebracht, die insofern einen eigenthümlichen Bau zeigen, als die außerordentlich großen Zellen alternirend an einander sitzen, ohne eigentlich einen Canal zwischen sich zu lassen (siehe Fig. 11 Seite 16). Erst gegen das Ende hin, wo sie in den Darm übergehen, findet sich eine eigenthümliche Lichtung.



Fig. 204.

Man hat in neuerer Zeit entdeckt, daß in der Regel zwei Gattungen solcher Schläuche bei einem und demselben Thier unterschieden werden können, und es gelang in der einen Gattung die charakteristischen briefcouvertförmigen Harnkrystalle zu erkennen, während die andern, die eine mehr gelbliche Farbe besitzen, keine krystallinischen Bestandtheile in sich nachweisen lassen. In andern Fällen ist zwar nur eine Gattung solcher Schläuche da, die aber in zwei Abschnitte zerfallen, einen obern gelben (siehe Fig. 204 A — das, was bei d sich an ihn anlegt, ist ein Nerv —) und einen untern weißen mit Krystallen gefüllten bei B. Man sieht in dieser Abbildung sehr schön den Bau eines solchen Schlauches, natürlich im Querschnitt dargestellt; eine Lage großer Zellen mit schön entwickeltem Kern und Kernkörperchen mit einer einseitigen Cuticularauflagerung, die in ein Rohr aus kernhaltigem Zellkitt eingeschlossen sind.

XXXVIII.

Der Darmcanal.

Nebst den Drüsen, die aus den Oberhäutchen des Darms sich entwickeln, sind noch einige Gebilde und Verhältnisse des Darmcanals zu besprechen, theils weil sie in den Bereich mikroskopischen Sehens fallen, theils weil sie wichtig sind für das Verständniß des Thierleibes und das Letztere muß doch die Hauptaufgabe der Darstellung sein.

Zunächst ist zu erwähnen, daß die bindegewebige Schicht des Darms, die sogenannte Sammthaut, in gleicher Weise wie die Lederhaut Papillen auf ihrer Oberfläche emporknospen läßt. Eine Abbildung der ausgebreitetsten einfachsten Form findet sich bereits Figur 20. In der Anatomie des Menschen sind sie bekannt unter dem Namen Darmzotten. In der ganzen Ausdehnung des Dünndarms sitzen sie dicht gedrängt und fehlen nur da, wo die sogenannten Peyer'schen Drüsen liegen. Ueber dieses Verhältniß belehrt Figur 199, wo sie bei a als lange zungenförmige Läppchen zwischen den Mündungen der schlauchförmigen Drüsen (b) stehen und unmittelbar da, wo in der Tiefe die Peyer'schen Drüsen liegen, fehlen. Ihr feinerer Bau weist einen Ueberzug aus einer einfachen Lage cylindrischer Epitelzellen nach, darunter in dem Bindegewebe ein ziemlich engmaschiges Capillargefäßnetz, darunter spindelförmige Muskelzellen mit großen glänzenden Kernen und im Centrum einen kleinen Hohlraum, der die Wurzel eines Chylusgefäßes ist.

Die Darmzotten haben eine hohe Bedeutung für den Lebensproceß des Thieres, sie sind gewissermaßen die Saugwurzeln, durch die die gelösten Stoffe des Darminhalts aufgenommen und dann mittelst der Chylusgefäße dem ganzen Zellstaat zugeführt werden. Man findet sie nur bei den Wirbelthieren und auch da nicht all=

gemein. Bei Reptilien und Fischen werden sie meist durch leisten- oder faltenartige Erhebungen der Darmoberfläche ersetzt.

Ihrer Natur nach gehören zu den Papillen der Bindegewebsschicht des Darms die Zähne. Ein Zahn ist nichts anderes als eine Papille, deren äußerer Theil verknöchert ist. Am reinsten erkennt man diesen Sachverhalt in Figur 205, die den jungen Zahn eines Salamanders darstellt. Es ist eine zweizipflige Papille (a), die wie alle andern von dem großzelligen Epitel der Mundhaut (b) überzogen wird.



Fig. 205.

Bei den Zähnen des Menschen ist dieses Verhältniß durch eine Complication verwischt. Hat im obigen Falle bei dem Salamander das Epitel eine rein passive Rolle als Ueberzug gebildet, so wird hier durch die Entstehung des sogenannten Zahnsäckchens ein wesentlich neues Element geliefert. Diesen Vorgang versinnlicht die schematische Darstellung Figur 206. Es sind Querschnitte der Mundschleimhaut und zwar quer durch die sogenannte Zahn-

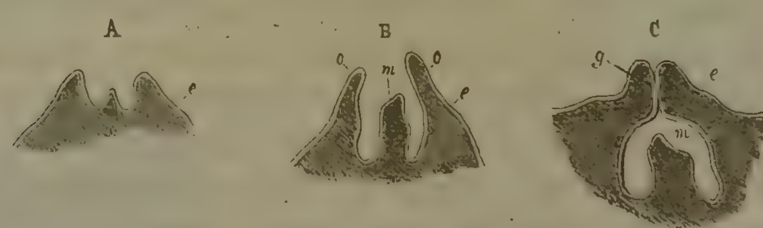


Fig. 206.

furche, die längs dem oberen Rand der beiden Kiefer verläuft. Bei A erkennt man im Grund der Furche die kleine Zahnpapille (x); in B erscheint dieselbe vergrößert, die Zahnfurche vertieft, so daß die beiden Ränder derselben, deren Querseite o darstellt, bereits über der Zahnpapille zusammenragen. In C ist die Bildung des Zahnsäckchens abgeschlossen. Die beiden Ränder der Furche haben sich über der Papille (x) geschlossen und diese sitzt nun in der Tiefe in

einem Säckchen, das seinen Ursprung aus einer Einfaltung nur dadurch erkennen läßt, daß von dem Gipfel desselben ein kurzer Strang (g) nach der Oberfläche führt. Man nennt dieses Gebilde das Leitband und es entsteht durch schließliche Verwachsung des Canals, der vor dem völligen Abschlusse des Zahnsäckchens aus ihm in die Mundhöhle führt.

Betrachten wir bei einer mäßigen Vergrößerung in Figur 207 den in seinem Säckchen eingeschlossenen Schneidezahn eines achtmonatlichen menschlichen Embryo. Man erkennt auf der Oberfläche der großen Papille in c deutlich den zelligen Ueberzug, der nichts anderes ist als ein Stück des Mundepitels, in Folge der Einsackung, jedoch abgeschnitten von seinem Mutterboden. Man heißt ihn die Schmelzmembran. Sie ist in der früheren Figur 206 mit m bezeichnet und dort sieht man deutlich ihren ursprünglichen Zusammenhang mit dem Epitel der Mundhaut (e).

Die Schmelzmembran spielt nun insofern eine wichtige Rolle, als jede Zelle derselben an ihrer unteren Fläche erhärtenden Zellkitt



Fig. 207.

absondert, und zwar in so beträchtlicher Quantität, daß hohe pallisadenförmige Prismen entstehen, die sogenannten Schmelzfasern.

Figur 208 A zeigt die Lage der Schmelzfasern im Querschnitt, B dieselben isolirt bei 350maliger Vergrößerung. Sie sind der härteste Theil nicht nur des Zahns, sondern überhaupt des menschlichen Körpers, und diesen Umstand verdanken sie einer Aufnahme von Flußspath neben dem phosphorsauren Kalk, der alle anderen Knochen härtet. —

Doch besehen wir uns noch einmal Figur 207. Die Bildung des Schmelzes erfolgt nicht in der ganzen Ausdehnung des Zahns, sie beginnt an der Spitze, wo wir ihn bei d erblicken und setzt sich über die Seiten herunter nur soweit fort, als der Zahn seiner Zeit aus dem Zahnfleisch hervorsieht, also nur über die sogenannte Krone. Unter dem Schmelz folgt eine weitere Schicht (e), das sogenannte Zahn- oder Elfenbein (siehe Fig. 208). Es ist im Wesent-

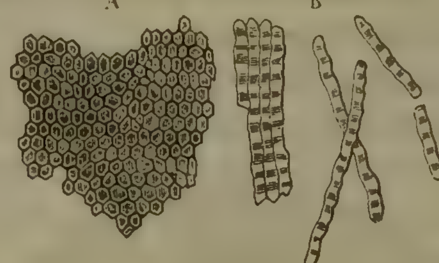


Fig. 208.

lichen gebaut wie die Knochensubstanz überhaupt, nur sind seine Zellen (siehe Fig. 169) zu langgestreckten Röhrchen ausgewachsen. Seiner Herkunft zufolge gehört das Elfenbein dem bindegewebigen Theil der Papille an, deren Centrum von diesem Verknöcherungsproceß verschont bleibt, und jene gefäß- und nervenreiche Masse bildet, die den Zahn zu einem ziemlich empfindlichen Tastwerkzeug macht und die Hauptquelle des Zahnschmerzes ist, wenn sie nach Zerstörung von Schmelz und Elfenbein, also beim Hohlwerden der Zähne, bloßgelegt wird. Das Durchbrechen der Zähne ist ein sehr einfacher, mechanischer Act, ähnlich wie das Erscheinen des Haars auf der Körperoberfläche.

Von der Muskelschicht des Darms giebt es nicht so viel zu erzählen, wie von den beiden anderen Lagen. Mikroskopisch nennens-

werth ist bei den höheren Thieren nur das, daß ihre Zellen nicht zu langen, quergestreiften vielkernigen Muskelfäden auswachsen, sondern spindelförmige Fasern mit einem einfachen Kerne und ohne Dysdiaklasten-Bildung sind. Man hat sie also zu betrachten als eine niedere Entwickelungsstufe der Muskelzellen.

Locale Verdickungen der Muskelschicht bilden die Zunge, die Muskelmägen der Vögel, die muskulösen Schlundköpfe vieler Insecten und Würmer. Sie zeigen keine besonderen mikroskopischen Eigenthümlichkeiten. Fügen wir noch hinzu, daß die Muskelschicht des Darms, wo sie eine irgend beträchtlichere Dicke erreicht, aus zwei Schichten besteht, von denen die Fasern der inneren der Länge nach, die der äußeren ringförmig verlaufen (siehe Fig. 199 bei d), so haben wir das Wesentlichste erschöpft und wenden uns nur noch zur Schilderung eines Sachverhalts, der nicht unwichtig ist für das Verständniß des Thierkörpers.

Es giebt eine Menge von Thieren, bei denen der Darm nicht als einfaches Rohr von einem Ende des Leibes zum andern läuft, sondern blind geschlossene Anhänge besitzt. Als Drüsenschläuche kann man sie nicht ohne Weiteres auffassen, weil dadurch die falsche Vorstellung entstünde, als wären sie nur dazu bestimmt, gewisse Flüssigkeiten zu liefern, die die Bedeutung von Verdauungssäften haben. Der Sachverhalt ist folgender: Bei einer Abtheilung der Strudelwürmer beginnt der Darm mit einer weiten Rachenhöhle, in der eine sehr muskulöse Schlundröhre als vorstülpbarer Theil liegt. Das hintere Ende geht nun nicht über in einen einfach schlauchförmigen Canal, sondern in ein baumförmig verzweigtes Geäste von Schläuchen, die sich über den ganzen Körper erstrecken (siehe Figur 209, Darmcanal einer Planarie). Diese Verästelung des Darmes hat für das Thier unter allen Umständen den Zweck, eine gleichmäßigere und allseitigere Ernährung des Körpers zu vermitteln, da ihm ein Gefäßsystem, das diese Leistung übernimmt, fehlt.

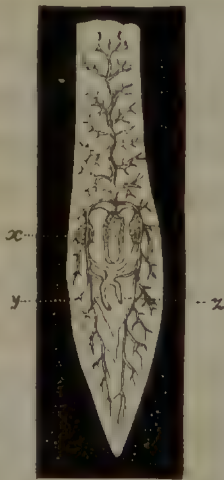


Fig. 209.

Diese Einrichtung wurde eine Zeitlang eigenthümlich aufgefaßt. Man erklärte diese Verästelungen des Darms für ein Gefäßsystem und drückte sich aus, es entspringen hier die Blutgefäße mit einer offenen Mündung aus dem Darme, ein Verhältniß, das man Phlebenterismus nannte. Physiologisch ist natürlich das richtig, deßhalb, weil die Verästelung des Darmes für das Thier annähernd denselben Zweck erfüllt wie ein Gefäßsystem, aber architektonisch genommen ist diese Vorstellung falsch. Die in Rede stehenden Organe wachsen als Auswüchse des Darmes, während das Gefäßsystem, wie ich früher auseinandergesetzt habe, als etwas Selbstständiges in dem Hohlraum zwischen Darm und Leibeswand sich aufbaut.

Etwas Aehnliches finden wir noch in zwei andern Thierabtheilungen. Unter den Gliederthieren besitzen die sogenannten Pyknogoniden, Seethiere, die zwischen Spinnen und Krebsen nahe die Mitte halten, fünf Paar lange schlauchförmige Anhänge am Magen, die in die Scheeren und die langen spinnenförmigen Beine bis beinahe an's Ende derselben sich fortsetzen. Auch hier haben diese Blindsäcke, die den ganz gleichen Bau besitzen, wie der Darm selbst, den Werth, den Nahrungssaft gleichmäßig in alle Theile des Körpers zu senden. Natürlich führt eine gerade Linie von Uebergangsformen von diesem Zustand hinüber zu dem, wo die Blindsäcke gegenüber dem Darm selbst an Ausdehnung zurücktreten, frei in der Leibeshöhle hängen, anstatt bis in die Beine vorzudringen und dann eine Arbeit verrichten, die nahe mit der übereinkommt, die wir den Drüsen zuschreiben.

Wir kommen nun zum dritten Fall, dem Verhalten des Darms bei den Seesternen. Vom Mund gelangt man dort in einen fünfzipfeligen Sack, den sogenannten Magen. Von jedem Zipfel desselben entspringen ein Paar lange Canäle, die in einen Strahl eindringen und dort bis zum Ende verlaufen. Entsprechend der linearen Gliederung jedes Strahles, entspringen von diesem Blinddarm seitliche traubenförmige Blindsäckchen. Wenn man nun auch zugiebt, daß die letzteren mehr die Function von Drüsen haben, so spielen

doch die langen Blinddärme, an denen sie sitzen, sicherlich die Rolle von Nahrung zuführenden Werkzeugen, und es ist wohl nicht zu verkennen, daß die Theilungsfähigkeit der Seesterne mit diesem Bau zusammenhängt. Jeder Arm besitzt ganz dieselben Theile wie der andere und man kann sich einen Seestern so vorstellen, als wenn fünf unter einander gleiche Thiere, deren jedes einen Darmschlauch, einen Nervenstrang, ein Wassergefäß und ein centrales Blutgefäß besitzt, in ähnlicher Weise zur Bildung eines Ganzen zusammengetreten sind, wie fünf Blumenblätter strahlenförmig sich zusammenlegen, um eine in der Mitte verwachsene Blumenkrone zu bilden. Die Einheit wird eben nur dadurch hergestellt, daß die entsprechenden Organe und Systeme jedes einzelnen Individuums an der Verwachsungsstelle sich mit einander vereinigen. Jetzt wird es uns auch nicht Wunder nehmen, daß man einen Seestern zerschneiden kann, ohne daß das Leben beider Theile ernstlich gefährdet wird. Wenn nur der Schnitt entsprechend den Näthen geführt wird, dann läuft jeder Theil seines Wegs und ergänzt sich mit der Zeit dadurch, daß das Fehlende aus ihm wieder hervorknospt. Man kann deshalb solche Thiere passend Individuengruppen nennen.

Daß diese Auffassung nicht etwa eine willkürliche Spielerei ist, erhellt aus dem Umstande, daß alle die Thiere, die einen solchen blumenkelchähnlichen Bau besitzen — es gehören dahin außer den Stachelhäutern noch die Medusen —, in der That ganz wie eine Blume an einer mehr oder weniger ausgebildeten, im Bau gänzlich verschiedenen Larve knospen. Sie sind im wahren Sinne des Wortes Blüthenthiere oder noch richtiger gesagt: Thierblüthen. Wir werden später in dem Capitel über Zeugung und Entwicklung noch auf diesen merkwürdigen Sachverhalt zurückkommen, der ein so bedeutendes Licht auf die Auffassung des Thierkörpers wirft.

XXXIX.
Die Geschlechtswerkzeuge.

Zwischen Leibeswand und Darm fanden wir einen ringförmigen Hohlraum, in welchem die Systeme sich aufbauen. Nun gehen aber nicht alle Zellen des Thierkörpers auf in der Zusammensetzung der bisher beschriebenen Schichten, Systeme und Organe und gerade das Perigastrium ist der Ort, wo, wie ich schon früher schilderte, die Ernährungsverhältnisse für ein freies ungebundenes Zellleben noch am günstigsten sind. Hier haben wir die amöbenartig kriechenden sogenannten Blutzellen gefunden als nahezu vollkommene Wiederholungen eines infusorienartigen Freilebens. Was Wunder, wenn in jenen Räumen solche umherschweifende Zellen entweder in Masse sich zusammenthun, um umfangreichere, von Darm und Leibeswand unabhängige Gebilde herzustellen oder da und dort gruppenweise bei einem der Systeme unterzukriechen, ohne daß man vom physiologischen Standpunkt aus etwas Anderes sagen könnte, als daß sie sich's hier wohl sein lassen, weil sie die Möglichkeit einer Existenz finden.

Wenn wir von den Organen der Leibeswand sagen konnten, daß sie die Beziehungen des Thierkörpers zur Außenwelt unterhalten, wenn wir sahen, daß die Organe des Darms die Verwerthung der in's Innere des Leibes aufgenommenen Nahrungsstoffe sich zur Aufgabe gestellt haben, wenn also hier nach jeder Richtung hin ein bestimmter Weg vorgezeichnet war, so tritt bei den Zellen des Perigastriums — natürlich abgesehen von den Systemen, die wir schon geschildert — keine so ebenmäßige Entwicklung zu Gunsten eines gemeinsamen Zweckes zu Tage. Wenn man etwas Gemeinschaftliches von ihnen aussagen will, so wäre es eben nur das, daß sie die Selbstständigkeit des Zelllebens im Thierkörper vertreten. Wie das gemeint ist, wird der Leser am besten beurtheilen, wenn ich ihm

das Wesentlichste des Sachverhalts im Einzelnen auseinandergesetzt haben werde.

Das wichtigste Organ, das wir den Zellen des Perigastriums verdanken, sind die Geschlechtswerkzeuge. Der Ausdruck „Werkzeug" gilt übrigens nicht für alle Fälle, da bei manchen Thieren, z. B. einer Reihe von Würmern, Eier und Samenzellen nicht von besonderen Organen, sogenannten Eierstöcken oder Samendrüsen, abgeschieden werden. Man kann da nur von einzelnen Zellgruppen reden, die zur Zeit der Geschlechtsreife durch lebhafte Theilung eine große Zahl im Perigastrium freischwimmender Zellen produciren, aus denen im einen Fall Samenfäden ausschlüpfen, im andern ist die Zelle nichts Anderes als ein junges Ei. Die Regel ist freilich, daß eine sogenannte Geschlechtsdrüse entsteht durch Zusammenlagerung der einzelnen Zellen. Aber auch hier zeigt sich wieder der hohe Grad von Selbstständigkeit, welcher den Zellen des Perigastriums zukommt. Bei den Hautdrüsen und den Drüsen des Darms haben wir gesehen, daß sie ziemlich streng dem Gesetz der concentrischen Schichtung sich unterwerfen mußten; bei den Geschlechtsdrüsen ist dies lange nicht in dem Maaßstab der Fall. In manchen Fällen, wie z. B. bei vielen Eingeweidewürmern, ist der Eierstock nichts anderes als eine Reihe linear gestellter Zellen, die nur dadurch im Verband mit einander gehalten werden, daß sie eine gemeinschaftliche Röhre von Zellkitt um sich absonderten (siehe Fig. 210, der Eierstock einer Trichine). Dabei sitzt immer die jüngste Zelle — es ist die, die eigentlich alle andern aus sich durch Theilung successive producirt hat — am



Fig. 210.

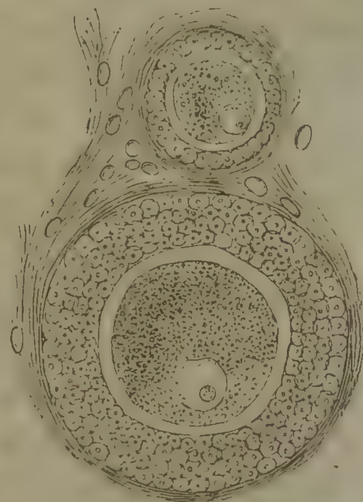
einen Ende und am andern kann man nun wunderschön alle Uebergänge von einer einfachen Eizelle bis hinüber zu einem fertigen

Wurme sehen, mit einem Blick sämmtliche Stadien der Entwicklungsgeschichte.

Das andere Extrem, nämlich hohe Complication, zeigen die Eierstöcke der höheren Thiere. Sie sind im Wesentlichen nach dem Schema gebaut, das die beschreibende Anatomie Drüse ohne Ausführungsgang nennt. Die Zellen liegen da nesterweise in einem Gerüste von Bindegewebe. Das Zustandekommen solcher Drüsen muß man sich auf folgende Weise zurecht legen. Man denke sich, daß von den Furchungskugeln, aus denen sich der Thierkörper aufbaut, eine kleine Partie gleichsam vergessen im Perigastrium zurückblieb, wie der Dichter, als Zeus die Welt vertheilte. Dort führen sie längere Zeit ein beschauliches Dasein, ernährt von der sie umspülenden Gewebsflüssigkeit und, wie neuere Untersuchungen nachgewiesen haben, mit der Fähigkeit amöbenartigen Ortswechsels ausgestattet. Während ein Theil von ihnen — bevorzugte Individuen — in diesem unabhängigen Zustand sich erhält, erlahmt bei anderen diese Fähigkeit und sie liefern auf die schon früher beschriebene Weise ein Gerüst von Bindegeweben, das die ersteren einschließt. Es ist klar, daß eine solche Einkapselung auf Kosten der Bewegungsfähigkeit geht. Diese kann jetzt nicht mehr eine willkürlich-regellose sein, es wird an ihre Stelle ein mehr vegetativer Lebensproceß treten, d. h. anstatt daß die Zelle frißt, um zu laufen, wird sie fressen, um zu wachsen. Da die nothwendige Folge des Wachsthums bei jeder lebendigen Zelle die Theilung ist, so wird überall da, wo eine solche Zelle eingekapselt wurde, ein Nest von Zellen entstehen.

Wenn wir die Weiterentwicklung eines solchen verstehen wollen, dann müssen wir wieder zurückgreifen auf jenes allgemeine Gesetz, dem alle Zellcolonien unterworfen sind, nämlich das der concentrischen Schichtung; nur wird es durch einen Umstand complicirt, den wir aber auch schon als allgemeines Gesetz kennen lernten. Es ist dies die Erscheinung, daß die Zellen im Centrum eine bedeutendere Größe erreichen, als die in der Peripherie. Dieses Schicksal trifft nun hier in der Regel eine einzige Zelle, sie schwillt beträchtlich an,

während die im Umkreis klein bleiben. Jetzt haben wir den Zustand, den Figur 211 darstellt, es ist ein Stückchen des Eierstocks vom Maulwurf. Das ganze Zellennest nennt man das Eierstocksbläschen — nach seinem Entdecker auch Graaf'scher Follikel genannt — die große centrale Zelle ist das zukünftige Ei, dessen Kern man das Keimbläschen nennt, die kleinen Zellen nennt man das Epitel des Eierstockbläschens und das bindegewebige Gerüst zwischen den Zellennestern muß dann natürlich als Umhüllung des Ganzen functioniren.


Fig. 211.

Der Leser wird nun neugierig sein, zu wissen, wie das Ei seinem Gefängniß entschlüpft, da doch keinerlei Ausführungsgang vorhanden ist. Das ist sehr einfach und schon dadurch angedeutet, daß man die kleinen Zellen Epitel nennt. Es ist eine allgemeine Regel, daß Zellen, die auf blutgefäßhaltigem Bindegewebe liegen, auf ihrer entgegengesetzten Oberfläche Flüssigkeit absondern. Dies geschieht auch hier; die Folge ist, daß das Bläschen immer mehr schwillt und dabei natürlich gegen die Oberfläche der Drüse rückt; denn dort ist der Widerstand, der sich der Ausdehnung entgegenstellt, am geringsten. Hat es diese einmal erreicht, erhebt es sich dort über die Oberfläche, so wird eine weiterschreitende Ausdehnung durch fortgesetzte Absonderung von Flüssigkeit das Bläschen zum Reißen bringen und mit der Flüssigkeit tritt auch das Ei hinaus.

Der weitere Weg, den das Ei einzuschlagen hat, richtet sich ganz darnach, in welche Beziehung der Eierstock zu den andern Bestandtheilen des Thierkörpers getreten ist. Wo er ohne jede Verbindung mit demselben ist, tritt das Ei in's Perigastrium, in die dort befindliche Ernährungsflüssigkeit; sind dann Oeffnungen in der Leibeswand, so kann es durch dieselben entschlüpfen und in's Freie gelangen. So ist es beispielsweise bei den Fischen. In andern Fällen,

wie z. B. bei vielen Würmern, scheint es für das Ei keinen natürlichen Ausweg zu geben, es führt dort so lange ein zweckloses Dasein, bis vielleicht die räuberische Scheere eines Krebses den Wurm zerschneidet und so durch eine Art von Kaiserschnitt die Anfänge des zukünftigen Individuums der Freiheit überantwortet.

Häufig besitzen die Eierstöcke Ausführungsgänge, die entweder in continuirlichem Zusammenhang mit ihnen stehen, wie bei den meisten Gliederthieren, Mollusken, Stachelhäutern ꝛc. oder in der Nähe der Eierstöcke mit trichterförmig offener Mündung aufhören, wie es bei den meisten höheren Wirbelthieren, den Menschen mit eingeschlossen, der Fall ist. Es sind dies concentrisch geschichtete Röhren, nach dem Schema der Darm- und Hautdrüsen gebaut, entweder einfach oder gabelig getheilt, die ihrerseits wieder durch locale Wucherungen Kittdrüsen, Samentaschen ꝛc. aus sich entwickeln können.

Die Hoden zeigen im Wesentlichen denselben Bau, wie die Eierstöcke und auch alle die Unterschiede von nahezu frei und selbstständig lebenden Hodenzellen bis zu complicirter gebauten mit reichlichem Bindegewebsgerüst versehenen Hodendrüsen findet man bei ihnen. Will man einen tiefer greifenden Unterschied angeben, so könnte man nur das hervorheben, daß das oben beschriebene Schema sogenannter Drüsen ohne Ausführungsgang hier nicht vorkommt. Anstatt daß die Zellen nesterartig beisammen liegen bleiben, entwickeln sie sich zu gestreckten Cylindern. Die centralen Zellen platzen

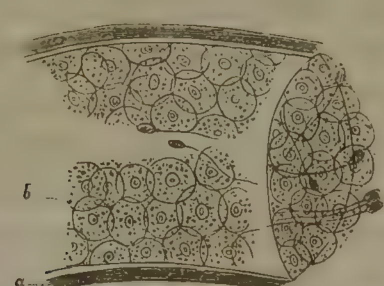


Fig. 212.

nach Reifung der Samenfäden in ihnen, und so entsteht ein freier mit Samenflüssigkeit gefüllter Canal. Figur 212 zeigt ein Stückchen

vom Samencanal des Menschen, a ist die bindegewebige Hülle, in der man die Kerne der Bindegewebszellen sieht, und b sind die Hodenzellen, auf denen man bereits reife Samenfäden liegen sieht.

Wie bei den Eierstöcken, so finden sich auch hier an den Ausführungsgängen mancherlei drüsige Anhänge, die Samenblasen, die Vorsteherdrüse ꝛc. Sie tragen das Gepräge der perigastrischen Drüsen, nämlich eine Neigung zu nesterförmigem Gruppirtsein der Drüsenzellen in einem bindegewebigen Gerüst, wobei es freilich dann zum Schmelzen der centralen Zellen kommt, und zur Bildung von Ausführungsgängen. Ein schönes Bild hiervon giebt Figur 213. Es stellt die Samenblase einer Maus vor. Der mittlere traubig gelappte Theil besteht aus Drüsenzellen und ist umgeben von spindelförmigen Muskelfäden mit glänzenden reiskornförmigen Kernen, die die Ausquetschung des Absonderungsstoffs bewirken.



Fig. 213.

Eine lange unaufgeklärt gebliebene Sache sind die sogenannten Zwitterdrüsen. Ueber sie wurde vielfach hin- und hergestritten, ehe der wahre Sachverhalt aufgehellt wurde. Während bei allen höher stehenden Thieren zwischen Männchen und Weibchen unterschieden werden kann, von denen die einen nur Samenfäden, die andern nur Eier hervorbringen, giebt es eine Anzahl von Thieren, sogenannte Zwitter, bei denen ebenso wie bei vielen Pflanzen männliche und weibliche Geschlechtswerkzeuge in einem Individuum beisammen vorkommen, und da unterscheidet man wieder solche, bei

denen sowohl für die Production der männlichen als der weiblichen Geschlechtsstoffe gesonderte Organe vorhanden sind, von andern, wo ein und dasselbe Organ beides producirt. Die letztern nennt man Zwitterdrüsen. Ihren Bau zeigt Figur 214. Es ist ein Drüsenplättchen, zusammengehalten durch eine einfache Umhüllung (d). Der Grund ist von großen kugeligen Zellen erfüllt mit deutlichem Kern und Kernkörperchen. Der innere Hohlraum wird eingenommen von einer kleinzelligen Masse (b). Die großen Zellen sind die zukünftigen Eier, die kleinen entwickeln in sich die Samenfäden, die, wenn sie reif sind, mit ihren Köpfen zusammenliegen und so die kometenschweifähnlichen Körper (c) darstellen. Wie sich schon aus dieser Lagerung entnehmen läßt, werden die Hodenzellen früher reif als die Eizellen,



Fig. 214.

und so erklärt sich das scheinbare Wunder, daß solche Thiere sich nicht selbst befruchten können, auf die einfachste Weise: Wenn die Eier reif werden, hat das Thier keine Samenfäden mehr. Unter den mit Zwitterdrüsen ausgestatteten Thieren sind die meisten Schnecken, viele Muscheln, einige Stachelhäuter ꝛc. zu erwähnen.

XL.

Die Nieren.

Drüsen eigenthümlicher Zusammensetzung sind die Nieren. Auch sie gehören wie die Geschlechtswerkzeuge zu den Drüsen des Perigastriums, d. h. bilden sich aus Zellhaufen zwischen Darm und Leibes-

wand, setzen sich aber bei vielen Thieren schon in frühester Zeit in Verbindung mit dem Ende des Darmcanals, so daß sie dann zu ihm in demselben Verhältniß stehen wie Speicheldrüse, Leber ꝛc. Sie bauen sich auf aus büschelförmig verzweigten Röhren, die an ihrem Ende in eine eigenthümliche Verbindung mit den Blutgefäßen treten.

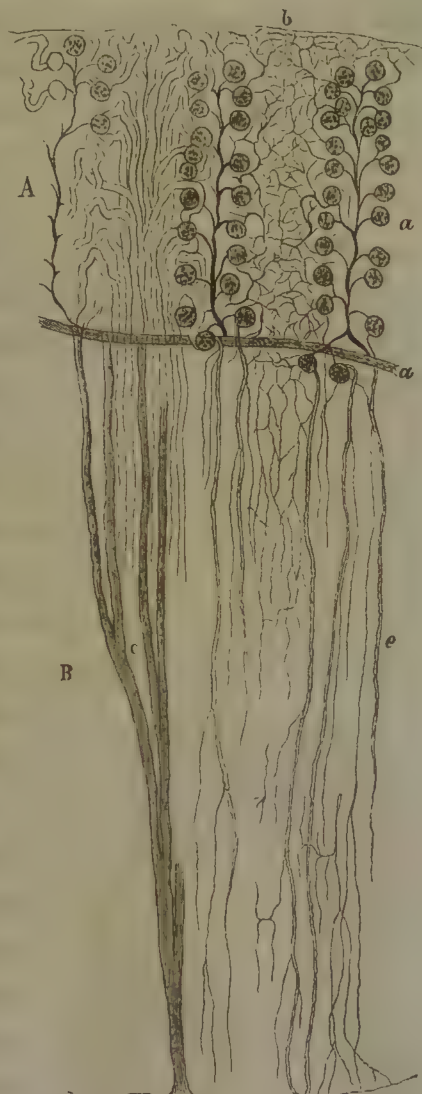


Fig. 215.

Durchschneidet man die Niere eines Menschen, so sieht man, daß sie schon für das bloße Auge aus zwei concentrisch gelagerten Substanzen besteht. Die innere, die Marksubstanz, zeigt eine Zusammensetzung aus pyramidenförmigen großen Körpern, die mit der Spitze gegen die Stelle der Niere gerichtet sind, wo der Harnleiter von ihr seinen Ursprung nimmt. Die Rindensubstanz überzieht nicht nur die Pyramiden in dickerer Lage an ihrer Basis, sondern dringt auch noch zwischen die Pyramiden ein, sie trennend.

Diese Bemerkungen über den groben Bau der Niere mußte ich voranschicken, um den feineren Bau verständlich zu machen. Ich sagte zuvor, die Niere werde gebildet aus büschelförmig verzweigten Röhren; nun ist jede Pyramide ein solcher Büschel, dessen einzelne Röhren durch zwischengelagertes blutgefäßhaltiges Bindegewebe zu einem compacten Körper verkittet sind. In dem senkrechten Schnitt, den Figur 215 darstellt, ist B der Theil, der der Pyramide angehört, und zwar ist bei C eine Drüsenröhre dargestellt, wie sie sich in ihrem Verlauf gegen die Rindensubstanz hin nach zweitheiligem Rhythmus

spitzwinklig in immer mehr Röhrchen theilt. Nun bemerke man wohl: Rinde und Pyramide sind nicht in dem Sinn von einander geschiedene Schichten, daß etwa die Gewebsbestandtheile der einen nur in mechanischem Zusammenhang mit denen der andern stünden, nein, es ist nur das verschiedene Verhalten der Harncanälchen und der Blutgefäße, das ein verschiedenes Aussehen bedingt. An der Grenze zwischen Rinde und Pyramide angelangt, hören nämlich die ersteren auf sich weiter zu verästeln, und anstatt geradlinig zu verlaufen, biegen sie sich, wie es die obige Figur zeigt, in kleineren Partien garbenförmig auseinander, wobei sie geschlängelt verlaufen, und endigen dann blind geschlossen auf eine sogleich zu beschreibende Weise.

Die Blutgefäße haben in der Pyramide ebenfalls einen geradlinigen Verlauf (siehe c,) während sie in der Rinde einmal ein Maschennetz bilden (siehe b), und für's Zweite jene eigenthümlichen beerenförmigen Gefäßknäuel darstellen, die äußerst regelmäßig zur Seite von Gefäßchen sitzen, die die Rindensubstanz senkrecht durchsetzen (siehe a). Den Bau der Harnröhrchen und ihre Beziehung zu den Blutgefäßen zeigt Figur 216. Es ist das Ende eines Harnröhrchens aus der Rindensubstanz. Man erkennt an ihm eine zarte Hülle, gebildet aus Zellkitt, darunter eine einfache Lage Epitelzellen. In dem Ende liegt gewissermaßen hineingestülpt einer von den beerenförmigen Blutgefäßknäueln (c), zu dem ein zu- und abführendes Blutgefäßchen zieht. An dieser Stelle findet die Ausscheidung des Urins statt, aus dem Blute, das durch jene Gefäßchen circulirt.

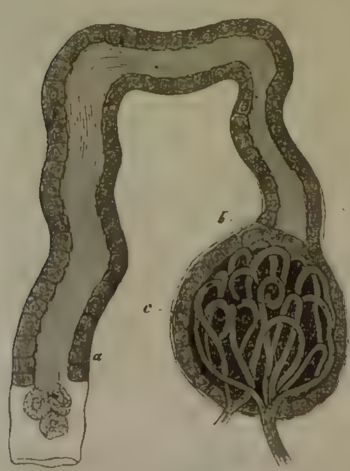


Fig. 216.

Diese Schilderung der Niere, die dem Menschen entnommen ist, paßt auf alle Wirbelthiere, so weit sie sich auf die mikroskopischen Verhältnisse bezieht, nur wäre zu bemerken, daß das Epitel

der Harncanäle bei den Reptilien und Fischen, wenn auch nicht in der ganzen Ausdehnung, Flimmerhaare trägt.

Wenn wir uns unter den wirbellosen Thieren nach den Nieren umsehen, so finden wir die Verrichtung, Harnstoffe abzusondern und den Wassergehalt des Körpers zu reguliren, einerseits jenen an der Leibeswand hängenden Apparaten zugetheilt, welche ich als Wassergefäße schon früher bei den Systemen geschildert habe — so ist es bei den Würmern und Mollusken —, andererseits liegt sie bei den Gliederthieren bestimmten Darmdrüsen, den sogenannten Malpighischen Gefäßen, ob, die ich ebenfalls schon früher beschrieben und in Figur 204 abgebildet habe. Ich habe damals ausführlich auseinandergesetzt, daß wir bei den Insecten das Luftgefäßsystem als eine Umbildung der Wassergefäße der Würmer zu betrachten haben. Eine und dieselbe Verrichtung sehen wir hier der Reihe nach von Organen des Perigastriums, von Anhängen des Darms und solchen der Leibeswand besorgt und der schwankende Zustand derselben ist am Besten dadurch ausgedrückt, daß die Niere der Wirbelthiere im Perigastrium liegt und da ausmündet, wo Leibeswand und Darm in einander übergehen. Es ist dies wiederum ein Beweis, wie vorsichtig man mit der Physiologie umgehen muß, wenn es sich um Verwerthung der anatomischen Verhältnisse bei der Frage nach den Verwandtschaftsbeziehungen der Thiere handelt. So sind im vorliegenden Fall die Luftgefäße der Insecten trotz der Verschiedenheit der Verrichtung anatomisch gleichwerthig mit den Wassergefäßen der Würmer und ein Zeichen dafür, daß die Insecten von den Würmern abstammen, während die Niere der Wirbelthiere und die Wassergefäße der Würmer trotz einer Aehnlichkeit in der Verrichtung keinen Beweis für die Verwandtschaft beider abgeben können.

XLI.

Zweifelhafte Existenzen.

Haben wir mit den Geschlechtswerkzeugen und der Niere umfänglichere und selbstständigere Gebilde des Perigastriums geschildert, die mit ihrer Arbeit in einem bestimmten, klar überblickbaren Verhältniß zur Erhaltung des ganzen Organismus stehen, so wollen wir im vorliegenden Abschnitt einige Organe neben einander stellen, die in physiologischer Beziehung eine untergeordnete Rolle spielen und theilweise vielleicht zu jenen Organen gehören, von denen ich oben sagte, daß man sie mehr als Schmarotzer und nicht als nützliche Bürger des Staates aufzufassen habe. Wenn ich vom Fettkörper der Insecten hier zuerst rede, so soll damit freilich nicht gesagt sein, daß derselbe für den Haushalt des Körpers zu jeder Zeit gänzlich bedeutungslos sei; er ist es eigentlich nur zeitweise und man hat ihn deshalb nicht ganz mit Unrecht mit dem Fett der höheren Thiere verglichen, trotzdem daß der Inhalt der Zellen, die ihn zusammensetzen, in chemischem Sinne nicht immer Fett ist. Untersucht man ihn unter dem Mikroskop, so erkennt man, daß er einen ähnlichen Bau besitzt wie das Bindegewebe, seine Zellen sind entweder kuglig, durch zwischengelagerten Zellkitt von einander getrennt, oder sternförmig ausgewachsen und dann entweder mit ihren Ausläufern verschmolzen, oder sie hängen durch die letzteren direct mit den Enden der Luftgefäße zusammen.

Die interessanteste Sorte von Fettkörpern ist die der Leuchtinsecten. Dort sieht man den zuletzt geschilderten Bau am schönsten, wie nämlich sternförmig ausgewachsene Zellen den Endästchen der zahlreichen Tracheen, die das Leuchtorgan durchziehen, ansitzen. Siehe Figur 217, a ist das Tracheenstämmchen, b sind die sternförmigen Endzellen, c die übrigen Zellen des Leuchtkörpers, die in Folge

geringerer Mengen Zellkitts sich polygonal gegen einander abgeplattet haben. Daß die Tracheenendzellen die leuchtenden Organe sind, ist zwar kaum direct zu sehen, da einer Beobachtung derselben im lebendigen functionirenden Zustand sich zu viel Schwierigkeiten entgegenstellen, wird aber dadurch im höchsten Grade wahrscheinlich, daß sie eine große Fähigkeit haben, anderen Körpern ihren Sauerstoff zu entziehen, und physiologisch läßt sich nachweisen, daß das Leuchten wesentlich von der Sauerstoffzufuhr abhängt.



Fig. 217.

Der Fettkörper der Insecten ist am reichsten entwickelt bei der Raupe; während des Puppenzustandes schwindet er. Offenbar spielt er zu dieser Zeit eine wichtige Rolle, indem er aufgelöst dem Thier die zu seiner Umwandlung erforderliche Nahrung liefert. Er steht also bei jenem Umbildungsprocesse in einem ähnlichen Verhältnisse zum werdenden Thiere wie der Dotter zum Embryo, weshalb auch einige Naturforscher ihn geradezu als eine rückständig gebliebene Dottermasse auffassen. Das ist übrigens etwas einseitig gedacht. Der Fettkörper entwickelt sich aus Embryonalzellen so gut wie alle andern Bestandtheile des Insectenkörpers, sein eigenthümliches Verhalten steht nun damit im Zusammenhang, daß alle im Perigastrium liegenden Zellen viel länger ihren embryonalen selbstständigen Charakter bewahren, mit anderen Worten, anstatt sofort Dienste im Staatshaushalt zu nehmen und sich zu Muskel-, Oberhaut- und Bindegewebszellen umzugestalten, verharren sie in jenem indifferenten, der freilebenden Zelle eigenen Zustand, aus dem sie entweder erst später oder gar nie heraustreten.

Es wäre ein Wunder, wenn sich nicht an den das Perigastrium durchziehenden Systemen Zellgruppen anlagern würden, um dort in

größerer oder geringerer Anzahl beisammen liegend ein seßhaftes Leben zu führen, und in der That weist sowohl Blut- als Nervensystem solche Zellgruppen auf, denen man kaum bestimmte, zum Gemeinwohl beitragende Verrichtungen zuschreiben darf. Dahin gehören die unter dem Namen Nebennieren den Ganglien des Nervensystems aufgelagerten traubig gruppirten Zellen. Im Bereich des Gefäßsystems dürfen wir dahin die Lymphdrüsen rechnen, obwohl ihnen vielleicht noch eher eine bestimmte Verrichtung zugeschrieben werden darf. Dagegen hat sich eine sogenannte Blutgefäßdrüse, die Milz, an Masse und vielleicht auch an Function zu einer höheren Rolle aufgeschwungen.

Ihre mikroskopische Structur zeigt Figur 218. Ein grobes

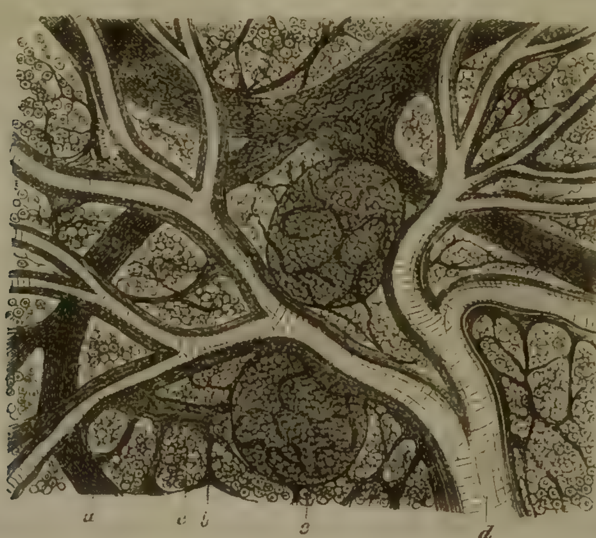


Fig. 218.

Gerüst aus starken Bindegewebszügen (siehe a), in dem man zackig geschlängelte elastische Fasern reichlich eingestreut sieht, giebt schon für das bloße Auge der Milz ein gefeldertes Ansehen. Von ihm entspringt ein zweites zartes Balkengerüst aus Bindegewebe (b), in dessen Maschenräumen eine rothe Masse liegt, bestehend aus Zellen, die entweder wirkliche Blutkörperchen sind, oder wenigstens ihnen sehr ähnlich aussehen. Ist das Erste der Fall, so müssen wir annehmen, daß jene Maschenräume in offenem Zusammenhang mit den Blut-

gefäßen stehen und dann hat die Ansicht einiger Naturforscher, daß hier der Ort sei, wo die Blutkörperchen erzeugt werden, Vieles für sich. d der obigen Figur ist eine Blutschlagader mit ihrer Verzweigung und die zwei kugligen Körper (e), die an den Schlagadern ansitzen als weißliche, schon dem freien Auge bemerkliche Gebilde, aus farblosen Zellen zusammengesetzt, sind bis jetzt noch ein Räthsel für die Physiologen, sie gehören vielleicht in die Kategorie der Lymphdrüsen.

Nun bleiben uns nur noch zwei bei Säugethieren, Reptilien, Vögeln und Fischen — wenn auch nicht das ganze Leben hindurch — vorkommende Gebilde, die man mit dem allgemeinen Namen Drüsen belegt, übrig. Ich habe sie trotzdem, daß sie ursprünglich nicht aus dem Perigastrium stammen, sondern durch einen eigenthümlichen Abschnürungsproceß erst später hineingelangen, hierher gestellt, weil sich an sie eine Betrachtung anknüpfen läßt, die unserer Auffassung vom Thierkörper — als einem Staate in gewissem Sinn selbstständiger Individuen — zum letzten Abschluß verhilft, soweit es sich ausschließlich um die inneren Angelegenheiten dieses Staatswesens handelt. Es ist einmal die Schilddrüse, deren abnorme Vergrößerung eine der häßlichsten Verunstaltungen des Menschen, den Kropf, erzeugt, und die Thymusdrüse, die nur im Jugendzustand eine Rolle spielt, und später — beim Menschen erst ungefähr in der Periode der beginnenden Geschlechtsreife — verschwindet.

Der Mutterboden, aus dem beide sich entwickeln, ist, wie schon bemerkt, nicht das Perigastrium, sondern die Grenzzellenschicht der äußeren Haut, kurz gesagt, die Oberhaut. Um dies verständlich zu machen, muß ich dem Leser einige Vorgänge aus der Entwicklungsgeschichte kurz skizziren. In der ersten Zeit, nachdem beim Embryo die Darmwand von der Leibeswand sich abgehoben hat, besitzt der Mensch und die ihm verwandten Thiere weder Mund noch After, der Darm hört vorn und hinten blind geschlossen auf. Da, wo das vordere Ende desselben an die Leibeswand stößt, senkt sich die letztere einwärts und bildet so eine weit offene Grube. Die Ränder, die die-

selbe begrenzen, bilden keinen zirkelrunden Wall, sondern zerfallen in drei getrennte Abschnitte.

Betrachten wir einen solchen Embryo auf dem Rücken liegend mit dem Gesicht gegen uns gewendet, so hat die Grube eine 3zipflige Gestalt. Ein Zipfel ist in der Mittellinie nach hinten gerichtet, die zwei andern sehen, der eine nach rechts, der andere nach links. Die Ränder bestehen also aus drei Lappen, einem querstehenden, der wie eine Art von Vorhang von der Stirn herabhängt und darunter zwei seitlich gelegene. Diese zwei letzteren sind nicht in sich geschlossene Lappen, sondern jeder besteht aus vier cylindrischen Zapfen, die wie die vier Finger einer Hand neben einander liegen. Man nennt sie Kiemenbogen; indem sie von rechts und links gegen einander wachsen und in der Mittellinie sich vereinigen, wird die Grube zu einem großen Hohlraum, der durch zweierlei Arten von Oeffnungen mit der Außenwelt zusammenhängt, durch eine quere, in der Mittellinie liegende Spalte, die Mundöffnung — wie sich später von ihr die Nasenöffnung trennt, müssen wir hier übergehen — und rechts und links eine Reihe von Spalten, im vorliegenden Fall je drei, die zwischen den Kiemenbogen durch von außen nach innen führen, die sogenannten Kiemenspalten. Diese letzteren sind natürlich ausgekleidet von Zellen, die einerseits mit der Oberhaut, andererseits mit den Grenzzellen der Mundrachenhöhle in continuirlichem Zusammenhang stehen.

Die Thymusdrüse entsteht so: die Kiemenspalte schließt sich an zwei Stellen, außen und innen, und so wird aus ihr ein längliches, aus Oberhautzellen gebildetes Säckchen. Dieses löst sich dann an beiden Stellen aus seinem Zusammenhang und wird durch eine eigenthümliche Verschiebung, deren Schilderung mich hier zu weit führen würde, nach abwärts gezogen, um dort liegen zu bleiben, wo Hals in Brust übergeht und unserem Schema zu Folge in dem Raum zwischen Leib- und Darmwand, im Perigastrium.

Ganz ähnlich entsteht die Schilddrüse. Ein Abschnürungsproceß trennt ein Stück der vordern Schlundwand ab und so gelangt ein Zellhaufen in den Raum zwischen Leib- und Darmwand, der sich da-

durch von der Thymus unterscheidet, daß er nicht hohl ist. Die Drüse liegt beim Menschen am Hals zu beiden Seiten der Luftröhre. Der Bau der Schilddrüse ist fast vollständig übereinstimmend mit dem des Eierstocks der höheren Thiere. In einem Bindegewebsgerüst liegen Nester von Zellen; in jedem derselben nimmt eine sehr große das Centrum ein und um sie herum liegt eine Schicht kleiner. Während beim Eierstock die centrale Zelle als Ei die Grundlage zur Entstehung eines neuen Thiers giebt, kann man von der centralen Zelle bei der Schilddrüse mit Fug und Recht sagen, daß sie ein gänzlich zweckloses Dasein führt und wenn sie aus ihrer Apathie erwacht — durch einen ähnlichen Proceß wie der, welcher den Austritt des Eies zur Folge hat — wenn also die sie umgebenden Epitelzellen anfangen Flüssigkeit abzusondern, so gereicht dies keineswegs zum Heile des Individuums, es verhilft ihm blos zu der Zierde eines Kropfes, indem aus jedem Zellnest eine mit einer eigenthümlichen Flüssigkeit gefüllte Blase wird, in der die centrale Zelle abstirbt. Dadurch, daß viele solcher Blasen die sie trennenden Scheidewände durch Druck zum Schwund bringen, entstehen nuß- bis faustgroße Hohlräume, ja es kann schließlich die Schilddrüse zu einem einzigen großen Wassersack werden, mit mehreren Pfunden von Flüssigkeit gefüllt.

Bei der Thymusdrüse haben wir es mit einer lappigen Entwicklung des ursprünglich einfachen Drüsensäckchens zu thun. Die Zellen fangen an durch Theilung sich zu vermehren, das umgebende Zellgewebe wächst, ein Balkengerüst bildend von außen in die Zellhaufen hinein, und so entsteht eine ziemlich umfangreiche Masse, bestehend aus kleinen Zellen und Zellkörnern um einen centralen Hohlraum, durchzogen von blut- und lymphgefäßhaltigem Bindegewebe. Beim Menschen hat die Drüse zur Zeit der Geburt ihre verhältnißmäßig beträchtlichste Entwicklung erreicht; sie nimmt zwar wohl nachher noch an absoluter Größe zu, aber nicht in gleichem Schritt mit dem übrigen Körper und gegen den Beginn der Geschlechtsreife geht es ihr wie dem Fettkörper der Insecten: sie wird allmälig aufgelöst.

XLII.
Rückblick.

Wieder sind wir an einer Stelle angelangt, geeignet, all' das Detail, durch das ich den Leser in den letzten Bogen hindurch geführt habe, zusammenzufassen und der früher gemachten Bemerkung, daß das Perigastrium eine ganz eigene Rolle im Haushalt des Thieres spielt, eine nähere Begründung zu geben. Zunächst müssen wir hervorheben, daß diese Schicht in der aufsteigenden Reihe der Thiere die letzte Consequenz der concentrischen Schichtung ist und daß ihrem Auftreten hauptsächlich der Thierkörper die hohe Entwicklung zu verdanken hat. Eine Emancipation des Darmschlauchs vom Hautmuskelschlauch war die erste Wirkung; jede dieser beiden Schichtengruppen konnte von diesem Moment an einen eigenen Entwicklungsgang einschlagen, die straffe Ordnung, die im Pflanzenleib schließlich zum Tod der inneren Zellen führt, verhält sich zu der freien Entwickelung, die jetzt im Thierleib beginnt, wie ein verknöchertes Staatswesen zu einem solchen, in welchem der freiere Spielraum, der dem einzelnen Individuum gegönnt wird, die Bahn des Fortschritts eröffnet. Handel und Wandel werden blühen, die mannigfaltigsten Verkehrswege werden sich eröffnen, Werkstätten entstehen durch locale Association, kurz alle die mannigfache Arbeitstheilung des modernen Staates kann eintreten.

Am auffälligsten treten alle diese Erscheinungen zu Tage im Perigastrium. Der Leibeswand und dem Darm sind zur Weiterentwickelung engere Grenzen gesteckt, da beide lange genug unter dem Zucht und Ordnung erhaltenden Gesetz der concentrischen Schichtung standen. Es geht hier, wie es beim einzelnen Menschen der Fall ist: eine je längere Zeit seiner Entwicklung er unter bestimmten socialen Verhältnissen zubrachte, um so fester und dauernder wird das Gepräge sein, das er sein ganzes Leben hindurch zu tragen verurtheilt

ist. Anders im Perigastrium. Nach beiden Seiten hin gegen die Außenwelt geschützt, in einem künstlichen Nahrungsmittel gelegen, das sie der Sorge um den Broderwerb enthebt, befinden sie sich in einer ähnlichen Lage, wie die beati possidentes eines Menschenstaates; der Spielraum ihrer Thätigkeit ist ein größerer, sie besitzen eine höhere Selbstständigkeit.

Die meisten benutzen diese Freiheit der Bewegung zu einer Steigerung ihrer Thätigkeit, in freier Wahl treten sie zusammen zu systematisch gruppirten Ganzen, zu Gemeinwesen der verschiedensten Bedeutung. Die einen ergreifen als geordnetes Nervensystem die Zügel der Regierung und unterwerfen den ganzen Zellstaat bis hinaus an seine äußersten Grenzen ihrer Botmäßigkeit, dort in den Sinnesorganen, die nichts anderes sind, als ihnen dienstbar gemachte Individuen der Grenzschicht, ihre Wachposten aufstellend und im Innern zu allen Theilen des Ganzen ihre Befehle sendend.

Wieder andere treten zusammen, um Handel und Wandel im Innern des Zellstaates in bestimmte Gefäßbahnen zu leiten, sich willig unterordnend den vorhergehenden, die ihnen Schutz und Sicherheit gewähren, gegen Entrichtung des üblichen Tributs an Nahrungsstoff. Wo sie mit einer Gefäßschlinge, gefolgt von dem ordnenden Nervenstrang, in Leib- oder Darmwand eindringen, da entsteht regeres Leben, dort werden jene Werkstätten hervorgerufen, jene kleinen Staatswesen im Staate, die als Drüsen die Rohproducte verarbeiten oder die Waffen schmieden und die Werkzeuge verfertigen, die der Staat zu seinem Verkehr mit der Außenwelt braucht.

Auch bescheidenere Loose sind einigen zugefallen; nicht mächtig genug, für sich eine den Organismus beherrschende Rolle zu spielen, begnügen sie sich in ihrer Provinz, in ihrer engeren Heimath sich nützlich zu machen, um jedes für seinen Theil die Lebensbedingungen zu schaffen, die doch wieder dem ganzen Organismus zu Gute kommen. Dahin gehören jene Drüsenmassen, die wie beim Wurm, in jedem Leibesring sich wiederholend, die Wassergefäße, beim Krebs die Schalendrüsen, bei den Mollusken die Nieren ꝛc. bilden.

Diesen Zellgemeinden des Perigastriums stehen zwei andere gegenüber, die beide das gemeinschaftlich haben, daß sie keine Arbeit verrichten, die dem bestehenden Staatswesen zu Nutz und Frommen gereicht. Ich möchte die einen von ihnen mit jenen Elementen eines modernen aufstrebenden Staates vergleichen, die, nachdem sie in ihm Nahrung und Erziehung genossen haben, ohne sich dem Organismus als bleibende Glieder einzufügen, auswandern, um getrennt von der Heimath ein neues Staatswesen zu bilden. Sie verwenden die Selbstständigkeit, die sie ihren Existenzbedingungen verdanken, zum höchsten Act des selbstständigen Handelns: mit allen Verbindungen, in denen sie standen, zu brechen und neue Existenzbedingungen zu suchen. Ich brauche dem Leser wohl kaum zu sagen, daß diese Sendlinge in die Außenwelt entstanden im Perigastrium nichts anderes sind, als die Keime künftiger Individuen, die Eier.

Aber nun zum Schluß, was sind die letzten? was bleibt einer Zelle übrig, die einerseits sich nicht in dem Staatswesen, dem sie ihre Entstehung verdankte, nützlich macht und der andererseits die Energie fehlt, sich eine neue Heimath zu suchen? offenbar nichts, als ein geiles Schmarotzerleben, das nur insofern eine Bedeutung für's Ganze hat, daß, wenn sie sterben, Alles, was sie erworben haben, dem Gemeinwesen wieder anheim fällt, wie wir's beim Fettkörper der Thymusdrüse, den mannigfach da und dort abgelagerten Fettzellen gesehen haben. Wenn also solche Zellen, im geilen Nichtsthun großgezogen, am Ende ihrer Tage aus ihrer Lethargie erwachen und anfangen wollen zu arbeiten, dann ist leicht abzusehen, daß da nichts Gescheites daraus wird, da entsteht, wie bei der Schilddrüse Etwas, was so überflüssig ist als ein Kropf.

Mit dieser Betrachtung wollen wir die Schilderung aller der Verhältnisse, die das innere Getriebe des wunderbaren Zellstaates beherrschen, soweit ihr Verständniß durch die Arbeit des Mikroskops erschlossen worden ist, beenden und es bleibt uns vom Bau des Thierkörpers nur noch die Schilderung jener Apparate übrig, die dem Thiere Kunde von der Außenwelt bringen und ihm so die Möglichkeit geben,

als einheitliches Ganze die Arbeit seiner Staatsmitglieder der Außenwelt gegenüber zum Zweck seiner Selbsterhaltung zu verwenden. Ich meine die Sinnesorgane. Stehen sie schon aus diesem Grund am schicklichsten am Schlusse des Capitels über den Bau des Thier- und Pflanzenkörpers, so muß dieses noch aus einem andern Grunde geschehen: Sie sind wenigstens theilweise die complicirtesten Organe, an deren Herstellung alle Klassen und Stände des Staates sich betheiligen. Zuerst muß man diese letztern kennen, dann ist die Grundlage zum Verständniß der ersteren vorhanden.

XLIII.
Zur Physiologie der Sinnesorgane.

Eine vergleichende Uebersicht der Apparate, mittelst deren das Thier von den Zuständen der Außenwelt sich unterrichtet, hat ihre großen Schwierigkeiten. Der bisherige Weg, den man allgemein einschlug, stützt sich auf die Eintheilung, welche man herkömmlicher Maßen bei den Sinnesorganen des Menschen anwandte. Man legte die sogenannten fünf Sinne: Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack und Tastsinn, zu Grunde. Es unterliegt keinem Zweifel, daß wir Menschen durch diese sogenannten fünf Sinne Nachricht bekommen von fünf verschiedenen Beschaffenheiten der uns umgebenden Dinge. Eine aufmerksame Untersuchung läßt uns aber sofort erkennen, daß diese Beschaffenheiten nicht so streng gesondert sind, als es bei oberflächlicher Betrachtung scheinen möchte, und schon dieses muß uns auf den Gedanken bringen, daß weiterabwärts in der Reihe der Thiere bei unvollkommeneren Geschöpfen eine Vereinfachung der Apparate Hand in Hand gehen wird mit der Zurückführung dieser fünf verschiedenen Beschaffenheiten auf eine geringere Zahl. Schicken wir zur Orientirung

einige Betrachtungen über das, was von der Außenwelt uns zur Wahrnehmung kommt und wie es auf uns wirkt, voraus, und gehen wir dabei zunächst von der alten Eintheilung in fünf Sinne aus.

Man hat seit lange zwei derselben mit der Bezeichnung hoher Sinnesorgane gesondert von den drei andern, die man die niedern nannte. Die zwei ersten sind Gesicht und Gehör, die niedern Geruch, Geschmack und Tastsinn. Streng genommen kann man diese Eintheilung nicht vollkommen billigen. Gehör und Gesicht haben zwar offenbar unter einander weit mehr Uebereinstimmendes als mit den andern; ferner bestehen in Geruch und Geschmack unbezweifelte Aehnlichkeiten, aber allen vieren steht der Tastsinn hauptsächlich dadurch gegenüber, daß er der einzige Sinn ist, welcher also wenigstens beim Menschen auf der ganzen Oberfläche der Haut seinen Sitz hat, wenn auch nicht überall in gleichfeinem Maaße, während Gehör, Gesicht, Geruch und Geschmack nur an bestimmten Stellen des Körpers zum Vorschein und Ausübung kommen.

Wir werden deshalb besser thun, eine andere Eintheilung der Sinnesorgane unserer Betrachtung zu Grunde zu legen, die im Wesentlichen in Folgendem besteht. Der T a s t s i n n ist der allgemeine Sinn, allgemein insofern, als er über die ganze Körperoberfläche seinen Sitz hat und auch im Innern des Körpers zur Aeußerung kommen kann, indem der Schmerz, der, wie wir wissen, in allen Organen des Körpers, wo empfindende Nerven sich finden, wahrgenommen werden kann, keinem andern Sinn untergeordnet werden darf, als dem Tastsinn.

Ihm stehen als locale Sinnesapparate beim Menschen die andern vier gegenüber. Sie verhalten sich zu ihm wie eine Specialität zu etwas Allgemeinem, und wie wir weiter unten bei der Schilderung der einzelnen Apparate sehen werden, entspricht diese Anschauung auch vollkommen dem anatomischen Sachverhalt.

Wollen wir unter diesen vier speciellen Sinnesorganen noch eine weitere Eintheilung vornehmen, so könnte sie so vorgenommen werden: Geruch- und Geschmacksinn unterrichten den Thierkörper

vom Vorhandensein verschiedenartig wirkender chemischer Verbindungen, während Auge und Ohr dazu bestimmt sind, specifische Bewegungen, welche in der Außenwelt stattfinden, zur Kenntniß des Organismus zu bringen; der eine Sinn leitet die Schallwellen, der andere die Lichtwellen zu den Centralorganen des Nervensystems. Ist Auge und Ohr durch diese Bezeichnung scharf von einander geschieden, so läßt sich bei Geruch und Geschmack eine ähnliche Sonderung nicht mit gleicher Schärfe vornehmen. Im Allgemeinen können wir beim Menschen wohl sagen: Mit Hülfe des Geruchs nehmen wir gasförmige Beimischungen der atmosphärischen Luft wahr, mit Hülfe des Geschmacks unterrichten wir uns über die chemische Zusammensetzung von Flüssigkeiten, insoweit dieselben mit der Flüssigkeit, welche die Oberfläche des Geschmacksorgans bedeckt, mischbar sind. Nun ist aber sofort klar, daß bei den Thieren, die im Wasser leben, ein solcher Unterschied zwischen der Wahrnehmung von Gasen und tropfbaren Lösungen nicht stattfinden kann, und deshalb dürfen wir auch wohl erwarten, daß bei ihnen eine solche doppelte Localisirung der Sinneswahrnehmung ursprünglich kaum vorhanden sein dürfte, daß Geruchs- und Geschmacksorgan in eines zusammenfallen werden, wodurch wir eine Reduction auf vier Sinne bekämen: drei specielle für die Licht- und Schallwellen, und für chemische Qualität und ein allgemeiner für die Summe aller übrigen Einwirkungen der Außenwelt.

Ehe wir in dieser Zurückführung einen Schritt weiter thun, müssen wir die verschiedenen Wege, auf denen die Außenwelt auf den Organismus einwirkt, untersuchen. Man kann sie auf drei Dinge reduciren: einmal auf Schwingungserscheinungen, zweitens auf den Chemismus und drittens auf den mechanischen Widerstand. Ich will das dem Leser etwas genauer verständlich zu machen suchen. Wärme, Elektricität, Licht, Schall sind Bewegungserscheinungen, entweder bedingt durch eine Lageveränderung wägbarer Stoffe oder — wenigstens ist dies für das Licht heute noch die einzige plausible Erklärung — bestehend in Lageveränderungen eines unwägbaren Stoffes,

der übrigens alle wägbaren durchdringt, des sogenannten Aethers. Das Charakteristische dieser Schwingungen in Bezug auf ihre Wirkung ist, daß dieselben entweder den ganzen Organismus oder Theile desselben, welche sie treffen, und welche die entsprechende Molecularzusammensetzung besitzen, ebenfalls in Schwingung versetzen können.

Nehmen wir einen bestimmten Fall: eine Schallwelle ist eine Schwingung wägbarer Stoffe, beispielsweise der Luft von bestimmter Geschwindigkeit und Excursionsweite, welche die Endzellen unserer Gehörnerven in eine Schwingung zu versetzen im Stande ist, und dann weiter geleitet wird zu den Zellen des Nervencentrums. Freilich ist dies nicht so zu verstehen, als ob das, was in dem Nervenfaden weiter geleitet wird, nichts anders wäre als der Ton selbst, etwa so, wie ein Metallstab, der von einem Ton getroffen denselben Ton mitklingt; es findet vielmehr eine Umsetzung dieser Bewegung in eine anderartige statt, eine sogenannte Nervenbewegung, die am meisten Aehnlichkeit hat mit der electrischen Strömung. Ebenso verhält es sich mit den Lichtwellen. Ihre Schwingungen versetzen die Enden des Sehnervs in entsprechende Schwingungen, die aber ebenfalls nicht wieder Lichtschwingungen sind, sondern Nervenschwingungen und als solche zum Gehirn gehen. Die zweite Art der Entwicklung der Außenwelt ist weniger mechanischer als chemischer Natur. Flüssigkeiten von bestimmter chemischer Zusammensetzung, welche Nervenendzellen berühren, werden, sobald sie mit dem Inhalt der Nervenzellen mischbar sind, sofort einen Stoffumsatz mit diesem beginnen, der verschieden ist je nach der Natur der Flüssigkeit, die ihn hervorruft: mit andern Worten: Solche Flüssigkeiten bringen einen veränderten chemischen Umsatz in ihr hervor. Wie ich bereits oben erwähnte, wird bei jedem Stoffumsatz im Innern einer Zelle Kraft, oder mit andern Worten Bewegung frei. Damit ist die Möglichkeit einer Weiterleitung des chemischen Eindrucks gegeben: es entsteht in der Zelle die specifische Nervenbewegung und sie pflanzt sich durch das Nervenrohr zu den Ganglienzellen des Gehirns fort.

Damit haben wir die Verrichtung der vier Detailsinne: Gehör,

Gesicht, Geruch und Geschmack, auf den einfachsten Ausdruck zurückgeführt, und wir kommen jetzt zu dem schwierigen Rayon des Tastsinns. Was nehmen wir mit ihm wahr? Einmal die Temperatur, dann den Widerstand, den fremde Körper leisten, elektrische Strömungen und chemische Qualitäten. Untersuchen wir das der Reihe nach.

Die Temperatur ist der Ausdruck für die Stärke der molecularen Bewegungen, die wir Wärmeschwingungen oder Wärmestrahlen nennen. Der Widerstand, durch den wir von dem Andringen fremder Körper unterrichtet werden, läßt sich größtentheils zurückführen auf Reibungen, die ähnliche Erschütterungen erzeugen, wie es die Schallwellen sind und endlich die Ursache, warum bei der Berührung von Säuren, Alkalien 2c. eine Wahrnehmung zu Stande kommt, ist dieselbe wie die, durch welche Geschmacks- und Geruchsempfindung entsteht.

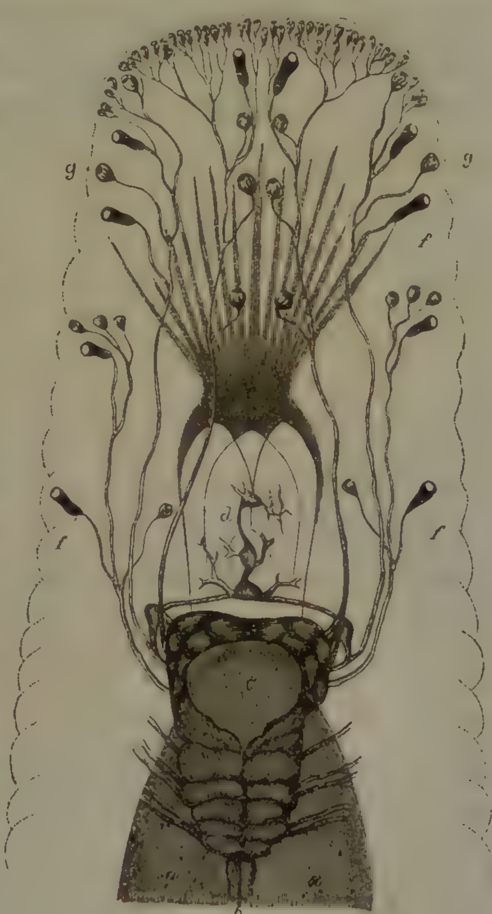


Fig. 219.

Aus dieser Auseinandersetzung geht hervor, daß die specifischen Fähigkeiten aller vier Detailsinne im Tastsinn bereits enthalten sind: Geruch und Geschmack ist eine Verfeinerung des Tastsinns in Bezug auf Wahrnehmung chemischer Qualitäten, das Gehör ist ein Apparat, mit dem wir die Erschütterungen fremder Körper besser wahrnehmen und namentlich messen können, als es der Tastsinn der Haut kann und das Auge? Wir werden später im Detail sehen, daß es ein **thermometrischer Apparat** ist. Hier nur zum Verständniß dieses Ausdrucks Folgendes.

Der Leser betrachte die umstehende Figur 219, es ist das Kopfende eines Blutegels, in das übrigens nur das erste Stück des Nervensystems, der sogenannte Schlundring (b), durch dessen Oeffnung (c) der Schlund (a) zieht, eingezeichnet wurde. Von den Seiten des Schlundrings entspringen jederseits vier lange geschlängelt verlaufende Nervenstämme, deren jeder in zweierlei beerenartige Endapparate ausläuft. Die einen (g) sind kugelig, die anderen (f) gestreckter und mit schwarzem Pigment umhüllt. In der feineren Zusammensetzung stimmen sie sehr mit einander überein: Eine Nervenendzelle auf dem Grund eines Grübchens, das von einem Kranz gestreckter Oberhautzellen umgeben ist, weiter nach hinten liegt um das Nervenstämmchen herum eine concentrische Lage großkörniger locker verbundener Zellen und, wie gesagt, bei der einen Gattung drüber eine Pigmentlage.

Mit Fug und Recht erklären wir die pigmenthaltigen Endapparate, deren jederseits fünf liegen, für Augen und zwar eben wegen der Anwesenheit des Pigments. Die Lichtstrahlen werden nämlich nicht als solche wahrgenommen, sondern müssen erst verwandelt werden in Schwingungen eines wägbaren Stoffes, mit anderen Worten in Wärmestrahlen, was, wie ich unten zeigen werde, durch das Pigment geschieht. Aus diesem Grunde nannte ich das Auge einen thermometrischen Apparat. Was sind nun die mit g bezeichneten Organe? Da sie außerordentlich übereinstimmend mit den Augen gebaut sind, so werden wir auch dieselbe Fähigkeit von ihnen voraussetzen dürfen, wie von den Augen, nämlich Wärmestrahlen zu empfinden und darum erklären wir sie für thermometrische Apparate; freilich nur Strahlen, die von Hause aus schon Wärmestrahlen sind, können sie wahrnehmen und nicht auch Lichtstrahlen, weil ihnen das Pigment fehlt, das die letzteren in Wärme umsetzt. Nach dieser Auffassung begreifen wir auch, warum sie an der Schnauzenspitze des Blutegels so dicht gedrängt stehen. Sie dienen dem Thier, die warme Haut, an der es saugen will, zu erkennen.

Jetzt wird auch der Leser verstehen, mit welchem Rechte man den Tastsinn das Allgemeine, die anderen Sinne das Besondere

nennt: Nicht nur deshalb, weil der erstere auf der ganzen Körperoberfläche seinen Sitz hat, sondern weil er wirklich all' das wahrnimmt, was jene speciellen Sinneswerkzeuge empfinden können, aber eben nur in unbestimmten allgemeinen Umrissen. Die Unvollständigkeit des Tastsinns den speciellen Sinnesorganen gegenüber besteht einmal darin, daß nicht eine Anzahl regelmäßig neben einander gelagerter Nervenendzellen verschiedenartige Einzeleindrücke zu einem Bild zusammensetzen können, wie bei Auge und Ohr, und zweitens, daß die Lage der Tastkörperchen hinter der dicken Oberhaut ihre Empfindlichkeit für Schwingungen und chemische Qualitäten wesentlich abstumpft.

Wenn wir nun bedenken, daß bei einer einzeln frei lebenden Zelle der letztere Umstand nicht zutrifft, da sie die Eindrücke der Außenwelt direct und nicht durch zwischenliegende andere todte Zellen abgeschwächt empfängt, so muß natürlich ihr der Tastsinn alles Uebrige ersetzen, mit anderen Worten: solche Zellen brauchen gar keine Sinnesapparate. Die natürliche Fähigkeit der Sarkode, durch ihren Stoffwechsel mit der Außenwelt chemische Qualitäten zu erkennen, und sich durch Schwingungen aus der Außenwelt in Mitschwingung versetzen zu lassen, ist die Grundlage aller Functionen der Sinnesorgane. Um sich zu vervollständigen, braucht sie nur noch Farbstoffkörner in sich zu haben, welche die sonst für sie nicht wahrnehmbaren Lichtstrahlen in Wärmestrahlen umsetzen; dann ist sie ein nach allen Richtungen hin empfindlicher Sinnesapparat. Daß dem so ist, kann man sich leicht durch Beobachtung grüner Infusorien überzeugen; sie hören, sehen, fühlen und schmecken vortrefflich.

Nachdem wir nun so die Sinnesthätigkeiten auf ihren einfachsten Ausdruck zurückgeführt, sind wir dem Leser noch eine Auseinandersetzung schuldig über die Vorgänge, die im Nervensystem durch die Einwirkung der Außenwelt hervorgerufen werden. Im Allgemeinen habe ich schon angedeutet, daß es sich um übertragene oder in der Zelle frisch entstandene Bewegungserscheinungen handelt, und da müssen wir kurz das hersetzen, was uns die Physik über Bewegung sagt. Sie lehrt, daß alle die verschiedenartigen Bewegungen in einem

bestimmten Verhältniß zu einander stehen. Es ist dies im Wesentlichen folgendes: Jede Bewegung eines wägbaren Stoffes, sei es nun Wärme oder Schall, oder elektrische Strömung, oder mechanische Bewegung von entsprechender Gewalt, läßt sich in ganz bestimmten Stärkegraden in jede andere überführen. Im täglichen Leben machen wir hiervon den ausgedehntesten Gebrauch. Bei unsern Dampfmaschinen verwandeln wir die bei der Verbrennung frei werdende Wärme in Arbeitskraft und thun das Entgegengesetzte, wenn wir durch fortgesetztes Hämmern ein Eisen zum Glühen bringen. Bei galvanischen Batterien setzen wir die Wärme um in elektrische Bewegung, und solche Beispiele könnten noch genug angeführt werden.

Mit dem Licht hat es eine eigene Bewandtniß. Es ist, wie die Versuche unter der Luftpumpe und manche andere darthun, Bewegung eines unwägbaren Stoffes, d. h. eines solchen, den wir wegen seiner Alles durchdringenden Kraft nirgends entfernen, somit auch nicht wägen können, und der ohne Zweifel nicht nur unserem Erdkörper, sondern auch dem ganzen Weltenraum angehört. Man muß sich denken, daß alle wägbaren Stoffe von ihm durchdrungen sind. Da ist denn nun nichts natürlicher, als daß Schwingungen der wägbaren Stoffe auch den sie durchdringenden Aether in Mitschwingung versetzen können, und umgekehrt. Wir sehen demgemäß die Wärmeerscheinung stets begleitet von dem Auftreten von Lichtwellen. Freilich müssen die letzteren einen bestimmten Stärkegrad erreichen, um von uns gesehen werden zu können, denn wir haben Beweise genug, daß es Lichtwellen giebt, die unser Auge nicht mehr wahrnimmt, gerade so, wie es auch Schallwellen giebt, die unser Ohr nicht mehr zu hören im Stande ist.

Wenden wir diese Erfahrungen an auf die von den Sinnesorganen, so können wir sagen, daß die Wahrnehmung der Schwingungen und Bewegungen außer uns darauf beruht, daß dieselben in unsern Nervenendapparaten in eine dem Organismus specifische Bewegungsart umgesetzt werden, in Nervenbewegung. Gehen wir einen Schritt weiter. Die Experimental-

physiologie zeigt uns, daß die Nervenbewegung in sehr vielen Punkten übereinstimmt mit der elektrischen, also eine Bewegung wägbarer Stoffe ist. Dies läßt uns in Bezug auf die Sinnesorgane Folgendes erwarten: Da die Lichtwelle sich von allen andern Schwingungen dadurch unterscheidet, daß sie eine Bewegung eines unwägbaren Stoffes ist, so muß der Gesichtssinn durch eine Vorrichtung sich auszeichnen, welche allen andern fehlt, und die die Aufgabe hat, die Lichtwelle umzusetzen zunächst in eine Bewegung wägbarer Stoffe. Schon oben sagten wir, daß das Licht am allerleichtesten umzusetzen ist in Wärme, und daß dies in innigem Zusammenhang steht mit den Farbenerscheinungen, oder um es anders auszudrücken, mit den Farbstoffen. Legt man auf den Schnee Tuchlappen von verschiedener Farbe, so daß sie die Sonne bescheint, so schmilzt ein schwarzer Lappen am tiefsten ein, während ein weißer gar nicht einschmilzt, und die andern Farben in ganz bestimmten Verhältnissen das Mittel halten.



Fig. 220.

Ganz derselben Vorrichtung bedient sich der Organismus dem Licht gegenüber, um es für ihn wahrnehmbar zu machen. Der Faden des Nervenapparats, der zur Aufnahme der Lichtwelle bestimmt ist, ist ausnahmslos von farbstoffhaltigen Zellen umgeben. Wir sehen dies sehr schön an dem früher besprochenen Auge des Blutegels, das ich in Figur 220 abbilden ließ. a ist der Nerv, b das Pigment, c die Nervenendzelle im Grunde der Grube, und d die pallisadenförmigen Wandzellen.

Im Auge findet also eine zweimalige Umwandlung statt, zuerst

werden aus den Lichtstrahlen Wärmestrahlen und erst aus diesen Nervenschwingungen.

Bei allen andern Sinnesorganen ist die Uebertragung eine einfache. Für die Umwandlung einer Bewegung in eine andere gilt folgende Regel:

Die neu entstehende zeigt ganz genau dieselbe Stärke, wie die, aus der sie geworden ist. Allein ebenfalls Regel ist es, daß fast nie aus einer Bewegung nur eine einzige andere gemacht werden kann. Gewöhnlich erscheinen zwei oder ist die Umwandlung eine unvollständige. Will ich z. B. elektrische Strömung in Arbeitskraft verwandeln, so producire ich nicht nur eine Bewegung von so und so viel Fußpfunden, sondern nebstbei, da Reibung unvermeidlich ist, auch eine bestimmte Quantität Wärme. Diese letztere entsteht natürlich auf Kosten der ersteren, sie ist ein Verlust für sie. Ebenso wenn von dem Licht nur ein Theil in Wärme umgewandelt und ein anderer als Licht reflectirt wird, so ist dies in Bezug auf die Wärmeerzeugung ein Verlust.

Ganz dieselben Gesetze gelten für die Umwandlung der Bewegungsvorgänge in der Außenwelt in die specifische Nervenbewegung und jetzt wird es uns verständlich, was ein Sinneswerkzeug unterscheiden wird von jeder beliebigen anderen Nervenendigung: eine Lage und Beschaffenheit, bei der die Bewegung der Außenwelt mit möglichst wenig Verlust in Nervenbewegung umgesetzt werden kann, und für die specifischen Sinnesorgane eine Lage und Beschaffenheit, wo die Nervenendzelle vor den Einwirkungen aller anderen Bewegungen geschützt und nur für die eine zugänglich ist.

Ist das annähernd vollkommen erreicht, dann sind wir in der Lage, jede Bewegung der Außenwelt nach allen ihren Qualitäten zu messen, d. h. zum Gehirn fortzuleiten und dort zu vergleichen mit früher zugeleiteten Schwingungen, die sich in Permanenz erhalten haben.

XLIV.

Tastwerkzeuge.

Wenn ich den Tastsinn hier voranstelle, so geschieht es nicht deshalb, weil seiner Ausübung bestimmt gebaute Organe vorstehen, sondern weil hier das specifisch anatomische Verhältniß jedes Sinneswerkzeuges in seiner ursprünglichen Reinheit und Einfachheit zu Tage tritt.

Ein Sinnesorgan besteht nämlich aus einer Zelle, die sich nach einer Richtung hin mit einem Nervenfaden in Verbindung setzt, ist also mit anderen Worten eine Nervenendzelle. Die Complication, die eintreten kann, besteht in der systematischen Aneinanderlagerung einer größeren Anzahl solcher Nervenendzellen und darin, daß die sie umgebenden Bestandtheile des Thierkörpers, Bindegewebe, Oberhautzellen, Muskelfäden 2c., bestimmte Qualitäten und Lagerungsverhältnisse annehmen, welche die Einwirkungen der Außenwelt entweder abschwächen oder verstärken, oder von dem bunten Wirrwarr von Licht- und Wärmestrahlen, von Schallwellen und chemischen Einwirkungen nur einen bestimmten Theil zu der Nervenendzelle gelangen lassen.

Schon nach der früheren Auseinandersetzung über den Tastsinn wird der Leser nicht erwarten, für ihn Organe zu finden, die überall nach der gleichen Schablone gebaut sind und ersehen, daß es eigentlich nur ein negatives Kennzeichen für ein Tastwerkzeug giebt. Wir nennen nämlich jede Nervenendzelle oder Gruppe von solchen dann Tastwerkzeug, wenn wir keine physikalischen Gründe vorfinden für die Annahme, daß hier ausschließlich nur diese oder jene bestimmte Einwirkung der Außenwelt empfunden werde. Hierher gehört Abwesenheit von Pigment, was ja auf Gesichtssinn deuten würde, und Abwesenheit von elastischen schwingungsfähigen Körpern, weil wir in diesem Fall ein Hörwerkzeug annehmen müßten. Ferner leitet uns auch die Lage

wieder nur negativ: Nervenendzellen auf der Körperoberfläche nennen wir nur dann Tastwerkzeuge, wenn sie nicht am Eingang in den Nahrungscanal oder am Eingang in die Athmungswerkzeuge liegen, denn im ersten Fall werden wir sie für Geschmackswerkzeuge, im andern Fall für Geruchsorgane erklären.

Halten wir nun mit dem Mikroskop Umschau unter dem, was nach Ausschluß der vier Detailsinne von Nervenendzellen auf der Körperoberfläche übrig bleibt, so erhalten wir ziemlich verschiedenartige Dinge, von denen wir natürlich in Bezug auf die Verrichtung nur das mit annähernder Sicherheit beurtheilen können, was an unserem eigenen Körper vorkommt. Deswegen stelle ich die sogenannten Tastkörperchen des Menschen, von denen ich eines in Figur 160 a bereits abbilden ließ, voran. Wir erblicken da einen gurkenförmigen Körper aus einer Anzahl concentrisch in einander geschachtelter Bindegewebskapseln, in dessen Innerem eine langgestreckte geschlängelte Nervenendzelle d liegt. Sie steht an ihrem einen Ende in Verbindung mit einer Nervenfaser, deren Markcylinder sich nach der ganzen Länge der Nervenendzelle erstreckt und knopfförmig endet (e).

Denken wir uns, daß dieses Gebilde hinter der geschichteten Epidermis liegt, die sowohl für Licht als für Wärme eine höchst unvollkommene Leitungsfähigkeit besitzt und ebenso nur schwer durchgängig ist für Gasarten und tropfbarflüssige Körper, so werden wir daraus und aus dem Bau des Tastkörperchens selbst uns die richtigste Vorstellung von seiner Leistungsfähigkeit machen. Für Licht wird es unempfindlich sein, da die Bedingungen zur Umwandlung von Licht in Wärme nicht vorhanden sind, fehlt ja doch der Farbstoff. Der Einschluß der Nervenendzelle in in einander geschachtelte, durch Flüssigkeit geschiedene und durch sie gespannt erhaltene Bindegewebskapseln befähigt das Tastkörperchen, in zitternde Bewegung zu gerathen durch Druck und Reibung; diese werden aber nie Schwingungen von einer und derselben Wellenlänge und Wellendauer sein, sie werden im Sinne der Akustik keine Töne, sondern Geräusche sein. Zudem wird die Lage hinter der Epidermis und in der für Schallleitung so ungünstigen

Lederhaut einmal die Schwingungen höchst unvollständig zu Stande kommen lassen und namentlich eine Uebertragung von Schallwellen nur bei directer Berührung des tönenden Gegenstandes zulassen. Aenderungen in der Temperatur werden verschiedene Spannungszustände der Bindegewebskapseln erzeugen, die dann als verschiedene Druckgrade auf die Nervenendzelle sich übertragen.

Sehen wir uns an anderen Thieren nach Tastorganen um, so finden wir, namentlich bei den Fischen, eigenthümlich gebaute complicirtere Nervenendapparate; sie liegen in den sogenannten Schleimcanälen und stellen sich im Jugendzustand dar als ein Haufen birnförmiger Epidermiszellen (siehe Fig. 221 b), auf dessen Spitze eine steife Röhre (c) und in ihr eine Gruppe starker Borsten steht. Von innen her zieht ein Nervenfaden (d), der eine Nervenzwischenzelle enthält, an sie heran.



Fig. 221

Ein anderes complicirteres Tastwerkzeug sind die schon früher erwähnten und in ihrem Zusammenhang schon in Figur 219 dargestellten und geschilderten Apparate an der Blutegelschnauze, von denen ich sagte, daß sie wohl besonders geeignet wären, Temperaturempfindungen zu vermitteln.

Bei genauer Durchforschung werden wir noch da und dort eigenthümlich situirte Nervenendzellen an der Oberfläche des Körpers wahrnehmen, denen wir ohne Zwang eben nur den allgemeinen Namen Tastwerkzeuge beilegen dürfen, trotzdem daß wir aus Lage und Bau mit Bestimmtheit entnehmen können, daß nicht jeder dieser verschieden gebauten Apparate sich den verschiedenen Einwirkungen der Außenwelt gegenüber gleich verhält. Gewiß sind die einen mehr in der Lage chemische Qualitäten des Nahrungsmittels zu erkennen und so einen Uebergang zu den Geschmacks- und Geruchsorganen zu bilden, während andere mehr den

Namen von thermometrischen Apparaten verdienen und den Uebergang darstellen von dem unbestimmten Tasten zum Sehen; endlich mag es wohl auch Apparate geben, welche Schallwellen vollständiger und leichter wahrnehmen, als wir dies mit unseren Tastkörperchen thun können, ohne es jedoch zur Wahrnehmung und Messung bestimmter Töne zu bringen, wie es unser Ohr zu leisten im Stande ist.

Daß eine feinere wissenschaftliche Unterscheidung der verschiedenen heute noch als Tastkörper aufgeführten Nervenendapparate möglich sein dürfte, ist wohl außer Zweifel und es ist vielleicht bis heute nur darum noch nicht geschehen, weil die anatomischen und physiologischen Verhältnisse beim Menschen zu einer solchen Untersuchung keine Veranlassung geben.

XLV.

Geschmacks- und Geruchssinn.

Was ich früher sagte über die Aehnlichkeiten zwischen Geschmacks- und Geruchssinn und über die Nothwendigkeit ihres Zusammenfallens bei den Thieren, die im Wasser leben, wird durch die Uebereinstimmung bestätigt, die, wie wir sogleich sehen werden, zwischen den physikalischen Bedingungen beider und ihrem mikroskopischen Bau besteht.

Das Wahrnehmen chemischer Qualitäten hängt wesentlich davon ab, daß der Nervenendapparat in möglichst directe Berührung mit den Flüssigkeiten kommen muß, deren chemische Zusammensetzung von ihm erkannt werden soll. Er verträgt also keine Lagerung hinter dicker, undurchgängiger Oberhaut und ebensowenig hinter dicken, undurchgängigen Chitinhäuten. Dem entsprechend finden wir auch die Endzellen der Geruchs- und Geschmacksnerven gänzlich freiliegend oder

wenigstens nahezu. Bei den im Wasser lebenden Thieren kann eine solche freiliegende Nervenendzelle natürlich an jeder beliebigen Stelle der Körperoberfläche sitzen, bei den Luftthieren dagegen oder solchen, die wenigstens zeitweise in der Luft leben, geht dies nicht aus Gründen, die ich schon wiederholt angedeutet.

Der Umstand, daß alle lebendigen Zellen in Flüssigkeiten leben und daß die Oberfläche aller Luftthiere und Luftpflanzen von todten Zellen überzogen ist, oder, wie bei den Gliederthieren mit einer, die Verdunstung verhindernden Chitinhaut, weist uns ja darauf hin, daß für die Erhaltung des Lebens einer Zelle die Anwesenheit eines flüssigen Nahrungsmittels unerläßliche Bedingung ist, und am allermeisten wird dies natürlich gelten für die so zart gebauten Nervenendzellen.

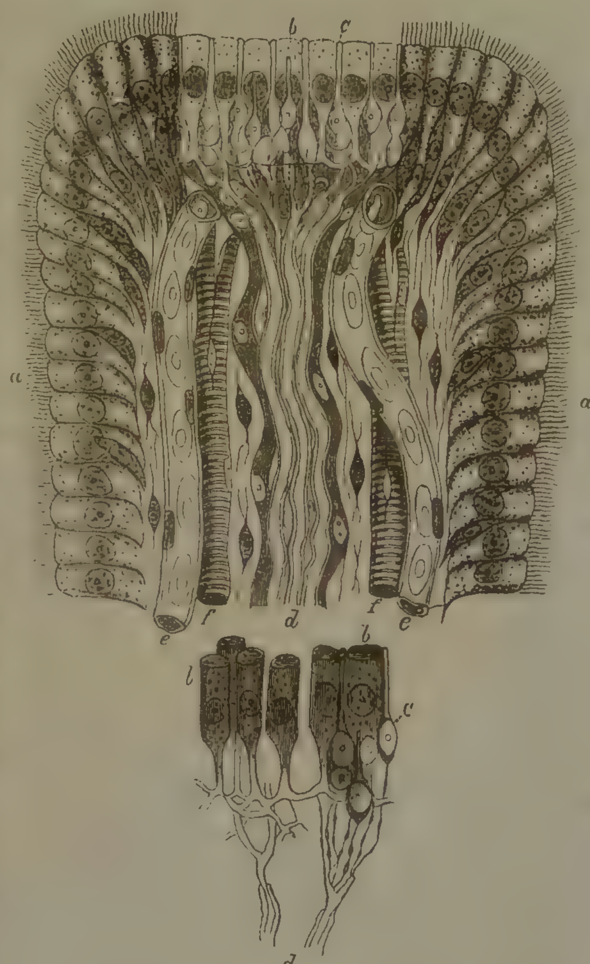


Fig. 222.

Aus diesem Grunde ist bei den Luftthieren das Geschmacksorgan in die beständig feucht gehaltene Mundhöhle und das Geruchsorgan in die ebenfalls mit einer Flüssigkeitsschicht bedeckte Nasenhöhle hineinverlegt.

Als Typus für die Geschmackswerkzeuge wähle ich die des Frosches, weil sie uns am deutlichsten die wesentlichsten Verhältnisse, unter denen die Empfindung chemischer Qualitäten zu Stande kommt, wiedergeben und weil die Geschmackswerk-

zeuge der übrigen Wirbelthiere im Ganzen genommen denselben Typus einhalten. Figur 222 giebt uns den Längsschnitt einer Zungenpapille vom Frosch bei 350facher Vergrößerung. Wir sehen, daß das flimmernde Cylinderepitel, das die Seiten der Papille überzieht, auf dem Gipfel derselben eine andere Beschaffenheit zeigt. Die Epitelzellen besitzen keine Flimmerhaare, sind kurze Cylinder, die nach hinten in einen Stiel übergehen, der zum Schluß sich wurzelartig theilt, um zu einem Flechtwerk sich zu vereinigen, wie man dies deutlicher in der Detailzeichnung B sieht, wo b solche Epitelzellen für sich darstellt. In den Zwischenräumen zwischen den Stielen dieser wimperlosen Epitelzellen sieht man eine dritte Kategorie von Zellen, c und Bc, die sich dadurch von den beiden andern unterscheiden, daß sie eiförmig sind mit großem Kern und nach zwei Richtungen hin ausgewachsen. Gegen die freie Fläche der Zungenpapille tragen sie ein cylindrisches Stäbchen, das zwischen den mit B bezeichneten Zellen heraufreicht bis an die Oberfläche, im lebenden Zustand vielleicht sogar zwischen ihnen frei hervorragt. Nach rückwärts gehen sie über in einen feinen mit Knötchen besetzten Faden, der, wie wir in der Hauptfigur und noch besser in der Nebenfigur B sehen, direct in den Nerven übergeht. Diese stäbchentragenden Zellen sind somit nichts anderes als die die Geschmacksempfindung vermittelnden Nervenendzellen. Der Nerv (d) selbst ist ein Bündel aus mehreren Fasern, das im Centrum der Papille, umhüllt von großzelligem Bindegewebe, verläuft. Die Blutgefäße (e) laufen weiter nach außen unter dem Epitel und bilden, da wo der Nerv in die Endzellen übergeht, einen Gefäßring um ihn, der aber bei diesem Schnitt weggefallen ist. Zwischen Nerv und Gefäß sieht man jederseits einen quergestreiften Muskelfaden (f) gegen die Geschmacksplatte hinaufsteigen und dort mit einigen Verästelungen aufhören. Alle diese Beigaben haben jedoch mit der Geschmacksempfindung selbst nichts zu thun, es sind die Elemente, die wir in jeder Papille finden, möge sie nun der Schleim- oder der Lederhaut angehören. Als Geschmacksorgane haben wir nur die stäbchentragenden Zellen anzusehen.

Man kennt diese specifische Einrichtung für die Geschmacks-

empfindung erst seit verhältnißmäßig kurzer Zeit und es ist deswegen noch nicht genau festgestellt, wie weit abwärts im Thierreich solche Geschmacksorgane vorkommen; beim Menschen ist der Geschmackssinn beschränkt auf die Papillen der Zunge, von denen wir drei Formen unterscheiden: die fadenförmigen, dann die pilz- oder knotenförmigen, die man sehr leicht mit bloßem Auge auf der Zunge wahrnimmt, besonders an der Zungenspitze, und die großen Wallpapillen am Grunde der Zunge. An uns selbst können wir sehr leicht uns überzeugen, daß der Geschmackssinn nahe verwandt ist mit dem allgemeinen Tastsinn, denn dieselben Nervenendzellen, die den letzteren vermitteln, sind zugleich die empfindlichsten Tastkörperchen, die wir besitzen. Mit keinem Theil unserer Leibesoberfläche können wir so fein tasten, wie mit der Zungenspitze. Bei den Schlangen ist sicher die Zunge weit mehr Tastapparat als Geschmacksorgan, denn während des Fressens kommt sie gar nicht in Berührung mit dem Bissen, sondern wird in eine Scheide zurückgezogen.

Das Geruchsorgan zeigt fast ganz denselben Bau, selbstverständlich, wenn wir absehen von der Gestaltung der Oberfläche, auf der die Riechzellen liegen.

Zwischen einem Cylinderepitel, das bei manchen Thieren Flimmerhaare trägt, bei andern keine und das in gleicher Weise rückwärts im Stiele sich fortsetzt, liegen Stäbchenzellen, die an ihrem hintern Ende in einen Nervenfaden übergehen und ihre Stäbchen zwischen den gewöhnlichen Epitelzellen hervor bis an die freie Fläche strecken.

Zu dieser Uebereinstimmung im Bau kommt noch das: die Riechhaut ist fortwährend von einer dünnen Flüssigkeitsschicht bedeckt, wie die Oberfläche der schmeckenden Zunge. Während die Geschmackszellen die chemischen Bestandtheile der über die Zunge weggleitenden tropfbaren Flüssigkeiten wahrnehmen, empfinden die Riechzellen die flüchtigen Stoffe, die aus der Athmungsluft in die Flüssigkeitsschicht der Riechhaut eindringen. Die Verschiedenheit zwischen Geschmacks- und Geruchssinn beim Menschen besteht nun wohl nur darin, daß die Stäbchen der Riechzellen wirklich bis an die freie Oberfläche her-

vorragen, wie bei der Zunge des Frosches, während bei der Menschenzunge das Epitel ein geschichtetes ist, d. h. aus mehreren Lagen zu Blättchen geschrumpfter Zellen gebildet wird, die die Enden der Geschmackszellen bedecken und so ihre Empfindlichkeit abstumpfen — wenigstens für gewisse wenig Eindruck machende chemische Beimischungen. Es scheint also der Unterschied zwischen Schmecken und Riechen nur darin zu bestehen, daß der Geschmack ein abgestumpfter Geruchssinn oder umgekehrt der Geruch ein empfindlicherer Geschmackssinn ist. Daß natürlich solch' geringe Differenzen weiter unten in der Thierreihe verschwinden werden, darf uns nicht Wunder nehmen, zumal da bei den Wasserthieren auch jede Veranlassung zu einer solchen Sonderung aufhört. Der beste Beweis hierfür liegt schon darin, daß das Geschmacksorgan des Frosches bereits weit mehr mit seinem Geruchsorgan übereinstimmt, als es beim Menschen der Fall ist.

XLVI.

Das Auge.

Wenn es ein Sinnesorgan giebt, dessen Leistung an's Wunderbare streift, so ist es gewiß das Auge, das Werkzeug, mittelst dessen wir die verschiedenartigen Aetherschwingungen zur Kenntniß unseres Körpers bringen und sie zusammensetzen zu einem Bild der Außenwelt. Speciell das Letztere, das Zustandekommen des Bildes ist es, dessen Erklärung der Anatomie und Physiologie die größten Schwierigkeiten verursacht hat. Es war hier wesentlich die mikroskopische Untersuchung der Augen niederer Thiere und ihr Vergleich mit dem des Menschen, was endlich zu einer vollkommeneren Erklärung geführt hat.

Der einfachste und ursprünglichste Zustand des Sehens ist noch

nicht die Anfertigung eines Bildes der Gegenstände, sondern die unbestimmte Lichtempfindung. Diesem Zweck entspricht der Bau des Auges bei manchen Würmern und Mollusken. Wie oben bei dem Experiment mit den Tuchlappen, die man in den Schnee einschmelzen läßt, nachgewiesen ist, daß die Anwesenheit von Farbstoffen das Licht in Wärme umwandelt, also in eine Bewegung wägbarer Stoffe, so ist bei jenen Thieren das Auge weiter nichts als ein Farbstofffleck, der auf einem bestimmten Theil des Nervensystems sitzt.

So lange man nur das Auge des Menschen untersuchte, war man nicht im Stande, die Natur des Sehens so vollkommen zu erkennen, wie wir's jetzt auf Grund dieses einfachsten aller Augen, dem der Würmer, können. Man bemerke wohl, der Farbstofffleck, also etwas gänzlich Undurchsichtiges, liegt hier auf dem Nerven; das Licht selbst kann als solches gar nicht zu ihm gelangen, es kann auf ihn nur so wirken, wie die Lichtstrahlen der Sonne auf den Schnee, der hinter dem Tuchlappen liegt, d. h. nur durch eine Erwärmung desselben und das ist der entschiedenste Beweis, daß wir eigentlich nicht das Licht sehen, sondern nur den von ihm erzeugten Wärmegrad messen, daß das Auge, wie ich mich früher ausdrückte, ein thermometrischer Apparat ist. Daß dem so ist, wird weiter noch dadurch bewiesen, daß selbst bei ziemlich hoch organisirten Schwerkzeugen, wie denen vieler Schnecken, bei denen wir bereits die zur Construction eines Bildes erforderlichen Nervenstäbe finden, ein schwarzer undurchsichtiger Farbstoff so auf den Nervenenden liegt, daß der Lichtstrahl als solcher gar nicht zu ihnen gelangen kann.

Dadurch ist auch der Einwand beseitigt, jenes unvollkommene Wurmauge sei wohl gar nicht als Auge aufzufassen, sondern als eine Art Thermometer, man könne nur dann von Sehorgan sprechen, wenn das Licht ungehindert an die Nervenenden gelangen könne, wie es beim Menschen der Fall ist.

Die nächst höhere Stufe eines Sehwerkzeugs besteht in dem Erscheinen von l i c h t b r e c h e n d e n K ö r p e r n. Sie sind so gelagert, daß sie für den Farbstoff die Rolle eines Brennglases übernehmen,

sie steigern die Lichtwirkung, indem sie die Lichtstrahlen auf einen bestimmten Punkt concentriren und damit die Wärmeentwickelung steigern. Diese Sammellinsen nehmen in der Regel ihren Ursprung aus der Oberhaut, indem entweder eine Zelle derselben unter bedeutender Größezunahme, Erhärtung und Aufhellung ihres Inhalts für sich allein eine Linse bildet, oder wie beim Menschen eine größere Menge von Oberhautzellen zu einer kugeligen Masse zusammentritt, die sich von ihrem Mutterboden trennt, um sich in's Innere des Augapfels zu versenken. Figur 223 giebt eine Vorstellung von dem Bau der Linse des Menschen. Es ist freilich nur ein Theil des Randes von ihr im senkrechten Durchschnitt gezeichnet. a ist die sogenannte Linsenkapsel, aus Bindegewebe bestehend, b ist eine Lage noch ziemlich unverändert gebliebener Oberhautzellen an der vorderen Fläche der Linsenkapsel, c sind die sogenannten Linsenfasern, die durch Auswachsen von Zellen entstanden sind. Man nimmt in ihnen noch deutlich den kugeligen Zellenkern wahr.



Fig. 223.

Interessant ist es zu sehen, wie bei Thieren mit verkümmertem Sehorgan die Zellen der Linse eine eigenthümliche, dem Charakter der Bindegewebszellen sich nähernde Beschaffenheit erhalten. Der Leser findet sie vom Maulwurf abgebildet in Figur 13.

Soll ein Auge mehr leisten, als die mittlere Temperatur aus all den Lichtstrahlen, von denen es getroffen wird, angeben, so ist dies zunächst abhängig von der Entwicklung des *empfindenden Nervenapparats*. Um uns dies verständlich zu machen, müssen

wir die Anforderungen kennen, die das Zustandekommen eines wirklichen Bildes voraussetzen. Ein Bild aus der Außenwelt ist ein complicirtes Ding, zusammengesetzt aus einer großen Anzahl von Stückchen verschieden in Größe und Farbe, und kann nur dann entstehen, wenn der Nervenapparat so construirt ist, daß ein und derselbe Punkt der Außenwelt nur einen bestimmten Theil, nicht alle zugleich treffen kann. Es verlangt also das Zustandekommen eines Bildes zunächst eine Auflösung des Nervenendapparats in eine größere Anzahl isolirter Körper. Diese müssen so beschaffen und gelagert sein, daß sie eben nur von einem einzigen Lichtstrahl getroffen werden können.

Am klarsten und einfachsten sehen wir dieses Problem gelöst im Auge des Insects. Früher, und das ist noch nicht lange her, hat man das Auge des Insectes in Gegensatz gestellt zu dem des Menschen, man hieß das Insectenauge zusammengesetzt, das Auge des Menschen einfach. Die Hunderte und Tausende von Facetten, die die Oberfläche eines Insectenauges (siehe Figur 224) zu einem so zierlichen mikroskopischen Bilde machen, hielt man für lauter einzelne Augen d. h. für Apparate, von denen jeder einzelne ein Bild erzeugen könne, so wie das Auge des Menschen es im Stande ist. Man sah sich bei dieser Auffassung einer ungeheuren Schwierigkeit gegenüber. Wenn dem so war, so mußte ja ein Insect etliche tausend verschiedener Bilder gleichzeitig in sein

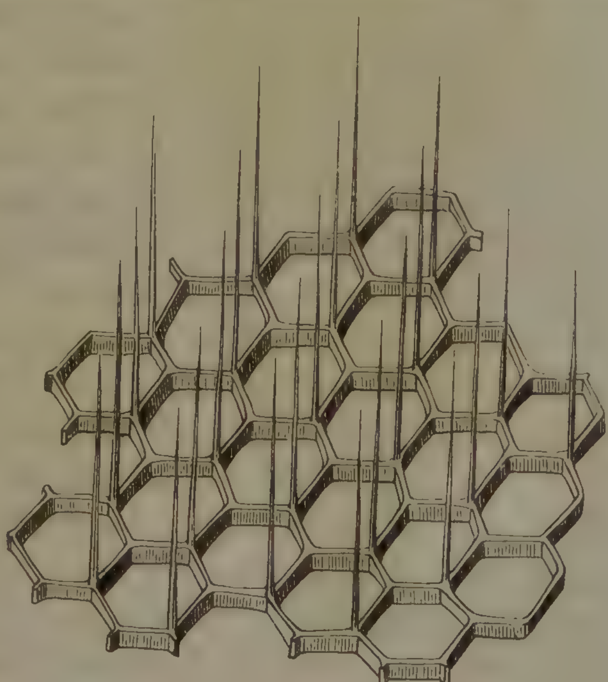


Fig. 224.

Gehirn hinein photographirt bekommen und da natürlich eine unauflösliche Confusion entstehen, die die Negation jedes Bildes gewesen wäre.

Damit konnte man sich nicht helfen, daß man sagte, der Mensch sieht mit seinen zwei Augen die Sachen ja auch einfach und nicht doppelt. Das hat eine besondere Bewandtniß. Durch die freie Beweglichkeit unserer beiden Augäpfel sind wir im Stande, die Augen so gegen einander zu stellen, daß die Bilder in beiden Augen ganz gleich liegen und deshalb auch innerhalb des Gehirns sich decken. Beim Insect aber ist hierzu keine Möglichkeit vorhanden, da die einzelnen Facetten gegen einander nicht beweglich sind. Der Einwand, als könnten eben schon von Haus aus die Facetten so gestellt sein, daß die Bilder im Innern des Auges zusammenfallen, erweist sich als gänzlich haltlos, denn wie müssen wir unsere beiden Augen gegen einander stellen, wenn wir einen Gegenstand einfach sehen wollen? So, daß die Seharen bei dem zu betrachtenden Gegenstand zusammen treffen, also convergiren. Man betrachte dagegen in Figur 225 den Querschnitt eines Krebsauges, an dem oben die freie Fläche, unten der Sehnerv ist, so sieht man sofort, daß die Seharen der einzelnen Augen divergiren, also ein Zusammenfallen des Bildes gänzlich unmöglich ist.

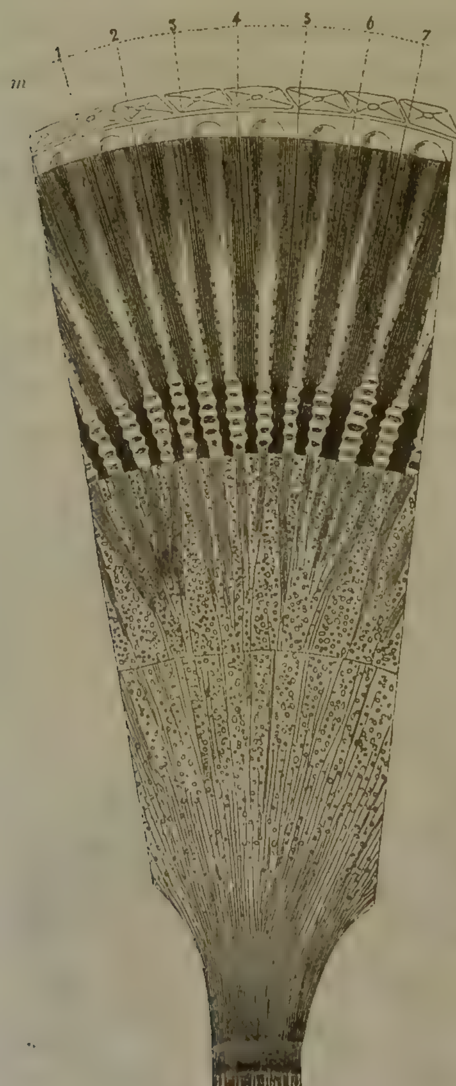


Fig. 225.

Eine nüchterne vorurtheilsfreie Betrachtung eines Querschnitts vom Insectenauge, wie ihn die obige Figur darstellt, muß einen sofort überzeugen, daß der einer Facette entsprechende Theil unmöglich das Gleiche sehen kann, was seine Nachbarn sehen. Ich habe dies in der obigen Figur darzustellen versucht. Denken wir uns durch die Linie m n die Außenwelt versinnlicht, so wird eine Facette von derselben nur den Abschnitt von 1—2 sehen, die nächste nur den Abschnitt von 2—3. Das Bild, das ein Insect von den Gegenständen außer ihm bekommt, wird somit wie ein Mosaikbildchen aus ebenso viel Stücken zusammengesetzt sein, als das Auge Facetten besitzt. Daß dem so ist, sehen wir sehr deutlich daran, daß die Augen vieler Insecten (Bienen, Fliegen 2c.) lange starke Haare zwischen den Facetten zu stehen haben (siehe oben Fig. 224), die vollends verhindern, daß zwei nebeneinander liegende Facetten auch nur theilweise etwas zugleich sehen. Hier ist also das, was ich oben als nothwendige Bedingung zum Zustandekommen eines Bildes angab, erreicht. Der empfindende Theil ist in eine Anzahl einzelner Elemente zerlegt, die eine derartige Gruppirung haben, daß eine Vermischung der Eindrücke nicht möglich ist. Jeder Theil sieht nur ein gewisses Stück der Außenwelt, während sein Nachbar das unmittelbar angrenzende Stück und eben nur das wahrnimmt. Nur so ist es ja möglich, daß eine Masse verschiedenartiger Lichteindrücke in der Lage und Ordnung, wie sie der Außenwelt entspringen, ohne Confusion dem Organismus zugeführt werden. In einem Auge ohne eine solche Vorrichtung der Isolirung müßte eine totale Confusion der von den verschiedensten Seiten anstürmenden Lichtwellen entstehen.

Es gehört aber noch Etwas zum vollen Verständniß. Was ist das, was die einzelne Facette sieht? Ist es selbst wieder ein zusammengesetztes Ding oder etwas Ungetheiltes, ist es, um vergleichungsweise mit dem Ohr zu reden, etwa ein Accord oder ein einziger Ton, wird in ihm nur eine einzige Lichtwelle in Nervenerregung umgesetzt oder mehrere zugleich isolirt von einander? Um das zu entscheiden, wollen wir uns den empfindenden Theil des Nerven-

systems, der hinter einer Facette liegt, näher besehen. In Figur 226 haben wir isolirt die betreffenden Theile und zwar von einigen Insecten, A von Herbstia, B von Procrustes coriaceus, C von Schizodactyla monstrosa. Bei der ersteren nur eine Facette mit den hinter ihr liegenden Apparaten, bei den andern je zwei. Man sieht zuerst die geradlinig begrenzte Hornhautfacette, gebildet von der allgemeinen Chitindecke des Körpers (A f), (B g), (C d), dahinter liegt die Linse, der lichtbrechende Apparat (A g, B h), und weiter nach hinten die sogenannten Sehstäbe. Die einfachste Form haben sie bei Schizodactyla (C c). Es sind vier neben einander liegende langgestreckte Stäbe, die an ihrem freien Ende kolbig verdickt sind und nach hinten sich in die Oberfläche der Sehhaut einpflanzen.

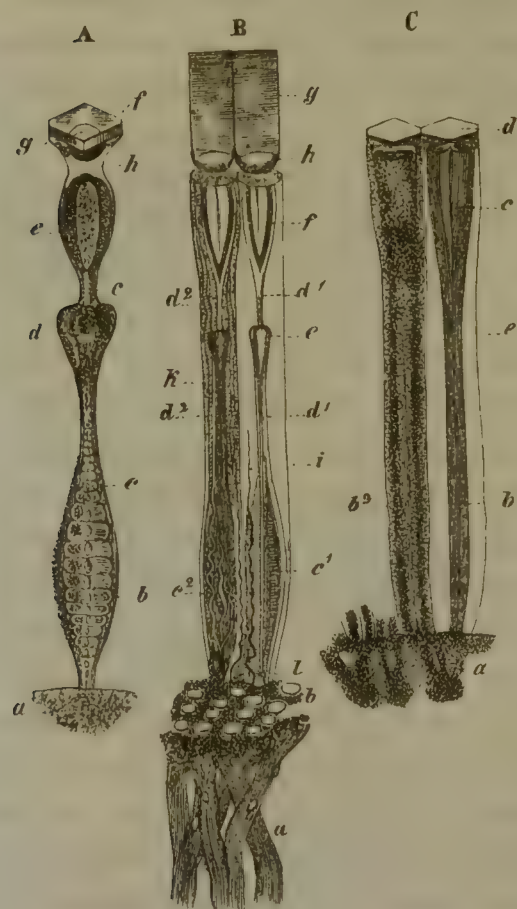


Fig. 226.

Bei den andern ist der Sehstab complicirter gebaut. Er besteht an seinem vorderen Ende aus vier langen, spindelförmigen, dicht zusammenliegenden Körpern (A e, B f) — früher Krystallkörper genannt, weil man glaubte, es müsse im Insectenauge ebenso ein Krystallkörper außer der Linse als lichtbrechendes Werkzeug sich finden, wie beim menschlichen Auge. Daran schließt sich ein kurzes, einfaches, feines Zwischenstück (A c und B d), dann folgt noch einmal eine vierbuckelige Anschwellung (A d und B e) und schließlich der hintere

spindelförmige Theil, der mehr oder weniger deutlich nur der Quere nach in hinter einander liegende Scheibchen getheilt ist. In B sieht man, daß der Sehstab bekleidet, resp. eingehüllt ist von der Länge nach geschlängelt verlaufenden Tracheen (l) und quergestreiften Muskelfäden (k) und in C bei b erkennt man, daß jeder Sehstab von Farbstoff eingehüllt ist.

Was folgt aus dieser Beschaffenheit des Sehstabs für unsere obige Frage, wobei vorausgeschickt werden muß, daß der Sehstab nichts anderes ist, als das Ende der Sehnervenfaser? Zunächst wird aus seinem Bau wahrscheinlich, daß vier Nervenendzellen hier mit einer rückwärts liegenden Nervenzelle zu einem einheitlichen Gebilde zusammen geschmolzen sind. Wir haben also nur zwei Alternativen vor uns. Entweder sind die vier Nervenendzellen der eigentlich wahrnehmende Theil des ganzen Sehstabs; dann muß jeder Sehstab vier verschiedene Lichtwellen isolirt zur Geltung bringen, das Bild eines Insectenauges wäre ein Mosaikbild, aus viermal so viel einfachen Lichtpunkten zusammengesetzt, als das Auge Facetten besitzt.

Ist dagegen der hintere einfache Theil des Nervenstabs der empfindende Theil, dann kann in jeder Facette nur ein einziger Eindruck zur Geltung kommen.

Zwischen diesen zwei Alternativen können wir natürlich so lange nicht unterscheiden, bis wir wissen, welcher Theil des Nervenstabs der empfindende ist. Aber eins bleibt für uns gewiß, und das ist der wichtige Fortschritt gegen früher: das Bild, das ein Auge liefert, ist aus so viel einzelnen Farbentönen zusammengesetzt, als das Auge isolirte empfindende Werkzeuge besitzt. Denn ein einzelnes solches kann nur eine Farbe liefern. Kurzweg können wir sagen: so viel Nervenstäbe als das Auge besitzt, aus so viel Theilen besteht das Bild, das es liefert.

Wenn wir nun ein Insectenauge vergleichen mit dem des Menschen in Bezug auf seine Leistung, so ist dies einfach ein Gegenstand der Berechnung. Wenn wir uns die Außenwelt als eine unser Ich umgebende Kugelfläche denken, so ist das Insect insofern vor uns

im Vortheil, als z. B. ein Schmetterling mit seinen zwei großen nahezu halbkugeligen Augen fast von der ganzen Kugelfläche ein Bild bekommt, während wir gleichzeitig nur einen sehr geringen Theil überblicken. Denn bereits in der Entfernung von zehn Gradwinkeln abseits der Sehaxe wird das Sehen bei dem Menschen undeutlich und in dreißig Grad Abstand verschwindet der Gegenstand vollkommen.

Der Vortheil des Insects ist jedoch nur ein scheinbarer, denn er geschieht auf Kosten der Deutlichkeit des Bildes. Auch wenn das Insect dieselbe Zahl von Nervenstäben besäße wie der Mensch, so muß gerade dadurch, daß das Insect sie nicht auf eine concentrirte Stelle dirigiren kann, sondern einen so großen Theil der Außenwelt immer gleichzeitig in sich abmalt, nothwendig das Bild unvollkommener ausfallen. Ich will dies durch willkürlich gewählte Zahlen deutlich zu machen suchen. Angenommen, der Mensch und das Insect habe jedes tausend Nervenstäbe zur Verfügung, so kann jedes nur tausend Punkte zu seinem Bild verwenden, gewissermaßen tausend verschiedenfarbige Mosaiksteinchen, während der Mensch — zwanzig Grade Oeffnungswinkel für sein Sehen vorausgesetzt — den 324. Theil der Außenwelt mit den tausend Punkten wahrnimmt, besitzt ein Insect, dessen Nervenstäbe so stehen, daß die beiden äußersten einen rechten Winkel bilden, ein Gemälde des 16. Theils der Außenwelt aus ebenso viel Punkten. Daraus folgt, daß ein Insect ceteris paribus auf einer Fläche, wo der Mensch zwanzig Punkte sieht, nur einen Punkt sehen kann, sein Bild ist also zwanzigmal ungenauer als das des Menschen.

Das Verhältniß ist aber in der That noch weit ungünstiger, da das Mißverhältniß in der Anzahl der Sehstäbe zwischen dem Menschen und den Insecten sehr groß ist. Der Sehstab des menschlichen Auges ist einmal viel kleiner, als der aller Insecten, der des Menschen mißt in der Dicke etwa den 1000. Theil einer Linie, der einer Drohnenfliege beispielsweise den 130. Theil. Während also beim Menschen auf der Quadratlinie eine Million Nervenstäbe liegen, hat die Drohnenfliege nur 16,900 auf derselben Fläche.

Dazu kommt noch, daß die Fläche der menschlichen Sehhaut, auf der deutliches Sehen möglich ist, absolut größer ist, als selbst das größte Insectenauge.

Es würde uns jedoch zu weit führen, hier näher in die Verrichtungen des Sehens uns einzulassen; wir haben es ja nur damit zu thun, zu zeigen, wie weit die mikroskopische Untersuchung der Sehwerkzeuge uns über diesen merkwürdigsten aller Vorgänge Aufklärung verschafft hat. Es bleibt uns deshalb nur noch übrig, da wir einmal das Insectenauge zum Ausgangspunkt unserer Betrachtung gemacht haben, den Leser von diesem Zustand hinüberzuführen zum Bau des menschlichen Auges.

Während beim Insect die Sehstäbe bis zur Chitinhaut des Körpers vorspringen, liegen sie beim Menschen im Hintergrund der großen Augenblase, welche als Ausstülpung des Gehirns entsteht, gewissermaßen als knopfförmige Anschwellung des Sehnerven, der die übrigen Schichten des Leibes durchwachsen hat. Der Augapfel ist im Ganzen nach einem sehr einfachen Schema verfertigt. Eine derbe, aus sehnenartigem Bindegewebe bestehende Kapsel — eine Fortsetzung der harten Hirnhaut — umgiebt den ganzen Augapfel, am vorderen Ende durchsichtig (Hornhaut), hinten undurchsichtig, sehnig und bei Vögeln, manchen Reptilien und Fischen stellenweise verknöchert. Darauf folgt nach innen eine sehr gefäßreiche, dicht mit polygonalen Farbstoffzellen belegte Haut, die ursprünglich ebenfalls ringsum geschlossen ist und der vorhergehenden überall dicht anliegt. In der Folge löst sie sich in der Ausdehnung der Hornhaut von ihr los und dieser Theil bekommt durch Schwund des Gewebes — bei manchen Thieren erst nach der Geburt — ein Loch. Dieser vordere Theil heißt Iris, während der hintere Abschnitt Aderhaut oder Choroidea genannt wird.

Weiter nach innen liegt die hautförmige Ausbreitung des Sehnerven, die sogenannte Sehhaut oder Netzhaut, in der senkrecht gestellt die Nervenstäbchen liegen. Figur 227 zeigt bei A den senkrechten Schnitt durch die menschliche Sehhaut, bei 1 die Lage der Nervenstäbchen, die sich, wie B zeigt, nach rückwärts in einen Nerven=

faden mit mehreren zelligen Anschwellungen fortsetzen. Man unterscheidet zweierlei Sehstäbe, größere B a, kleinere B b. Der weite Hohlraum der Augenblase wird von dem sogenannten Glaskörper erfüllt, der aus einem sehr lockeren durchsichtigen Bindegewebe besteht. Die Linse, die hinter dem Sehloch der Iris sitzt, in einer uhrglasförmigen Vertiefung des Glaskörpers, ist, wie ich schon früher erwähnte, ein Auswuchs des Oberhäutchens, der in den Augapfel hineingewachsen ist und später sich von seinem Mutterboden getrennt hat. Seine mikroskopische Zusammensetzung wurde bereits oben geschildert. Der Glaskörper entsteht dadurch, daß die Linse bei ihrer Einstülpung den ihr im Wege liegenden Theil der bindegewebigen Lederhaut vor sich her ebenfalls in die Augenblase hineindrückt. Auch bei ihm wird die Verbindung mit seinem Mutterboden aufgehoben, wie bei der Linse.

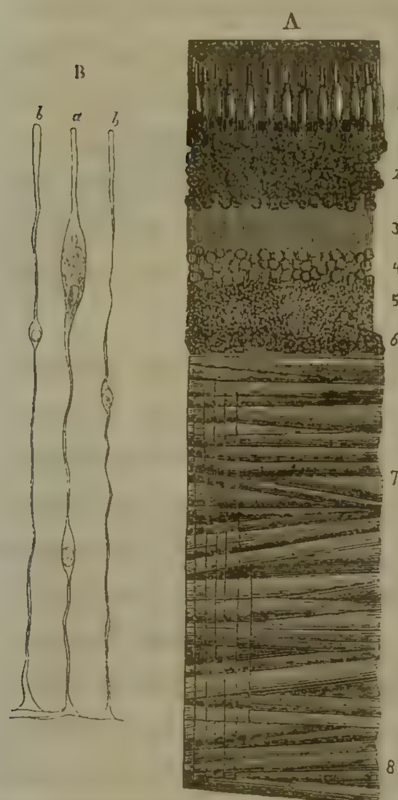


Fig. 227.

Später folgt dann eine zweite taschenförmige Einsenkung der Haut, die aber nicht mehr in den Augapfel sich einbohrt, sondern als scheibenförmige Tasche auf einen großen Theil seines vordern Umfangs sich auflegt. Man nennt sie den Bindehautsack, die Eingangsöffnung ist die Augenlidspalte und die sie begrenzenden Hautwülste die Augenlider.

Auch die Muskelschicht nimmt an der Herstellung des Sehapparats Theil. Der Augapfel, nachdem er sie durchbrochen, verwächst mit ihr und zieht sie dort bei weiterer Größenzunahme in einen nach vorn offenen Trichter aus. Es sind dies die den Augapfel dirigirenden Augenmuskeln.

Das Auge ist also im Vergleich zu den drei früher geschilderten Sinnesorganen wenigstens beim Menschen bereits ein sehr complicirter Apparat, von dem noch viel zu sagen wäre, wenn wir alle seine Leistungen erörtern wollten. Ich will zum Schluß nur die merkwürdige Uebereinstimmung des empfindenden Apparats mit dem der früher beschriebenen Sinnesorgane hervorheben: hier wie dort eine stäbchentragende Nervenendzelle.

XLVII.

Das Ohr der niederen Thiere.

So leicht sich der Bau des Auges übersehen und mit seiner Verrichtung in Einklang bringen läßt, so schwierig ist es beim Ohr. Bei den höheren Thieren ist es zunächst schon die Lage des Gehörwerkzeugs in dem härtesten Knochen nicht nur des Schädels, sondern des ganzen Körpers, was die feinere Untersuchung der Elementartheile namhaft erschwert, so daß man, die Schwierigkeit, aus den Verhältnissen höher organisirter Thiere eine allgemeine Anschauung zu gewinnen, hinzu gerechnet, lange ziemlich rathlos stand.

Als man die Sache von Seite der niederen Thiere auffaßte, gab es eine neue Schwierigkeit, nämlich die, das Gehörorgan überhaupt zu finden. Lange Zeit konnte man unter den Insecten nur bei wenigen mit Bestimmtheit ein solches nachweisen und bei den Krebsen wird die Entdeckung der sogenannten Hörhaare noch nicht allseitig anerkannt. Für's Zweite besteht zwischen den wohl ohne Zweifel als Gehörwerkzeug aufzufassenden Hörblasen der Mollusken und den Hörwerkzeugen der Gliederthiere ein so großer Unterschied, daß von einer so logischen Fortbildung eines ursprünglich einfachen Sachverhalts zu einem complicirten, wie wir's beim Auge gesehen haben, gar keine Rede ist. Das Einzige, was uns über diesen Unterschied

noch beruhigen kann, ist das, daß wir in dem Ohr der Wirbelthiere zwei Vorrichtungen neben einander finden. Zudem muß uns der Umstand, daß man die Bläschen, welche die Quallen an dem Rand ihrer Scheibe tragen, von einer Seite für Gehörwerkzeuge erklärt, während sie von anderer für die Verrichtung des Sehens in Anspruch genommen werden, bei der Beurtheilung dieser Organe sehr vorsichtig machen. Aus diesem Grund will ich einen andern Weg einschlagen und zuerst das Bekannte kurz schildern, um dann nicht etwa eine künstliche Einheit herzustellen, sondern die Verschiedenheit auf ihre Ursache zurück zu führen.

Die Ohrblasen der Würmer und Schnecken, von denen eine in Figur 228 dargestellt ist (von der Kielschnecke, Carinaria), sind knopfförmige Endanschwellungen eines starken Nervenstamms, gebildet aus einer Bindegewebshülle und einer einfachen Lage Epitelzellen, und diese letzteren besitzen entweder ganz das Ansehen eines Cylinderepitels mit Flimmerhaaren an ihrem freien Ende oder, wie in der obigen Figur, etwas mehr den Charakter der sogenannten Chitinogenmembran, bei der die Grenzen zwischen den einzelnen Zellen durch Verschmelzung verwischt sind, so daß nur die Zellkerne über die ursprüngliche Entstehungsgeschichte uns belehren; einzelne der Zellen tragen Flimmerhaare. Bindegewebshülle und Epitel bilden die Wandung einer mit Flüssigkeit prall gefüllten Blase, in der entweder ein einziger meist concentrisch geschichteter Hörstein aus Zellkitt mit eingelagerten Kalksalzen schwimmt oder, wie bei der Randblase der Quallen, mancher Würmer und Schnecken, eine große Anzahl kleiner Krystalle (siehe Fig. 229 von einer Qualle, Rhizostoma Cuvieri). Man hat sich natürlich viele Mühe gegeben, einen Zu=

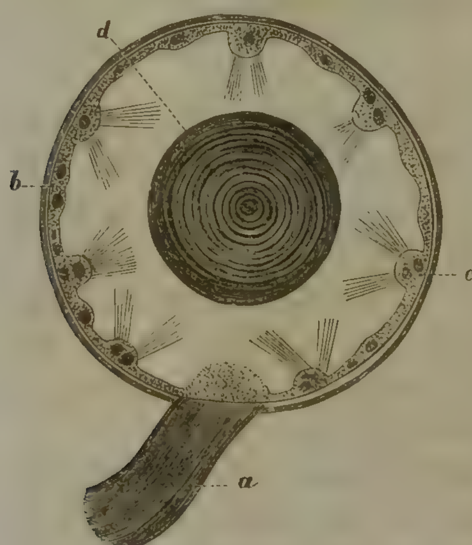


Fig. 228.

sammenhang zwischen den Nervenfäden und den Flimmerzellen der Hörblase nachzuweisen, aber bisher vergeblich. Wenn man an das anknüpft, was ich bei der Betrachtung der Organe im Allgemeinen sagte und früher über die Endigungen des Nervensystems, so muß man einen solchen Zusammenhang vermuthen; allein es giebt auch Gründe, die einen solchen nicht als nothwendig erscheinen lassen und die werden natürlich wesentlich dadurch verstärkt, daß auch die genaueste Untersuchung keinen Zusammenhang nachweist. Doch davon später.

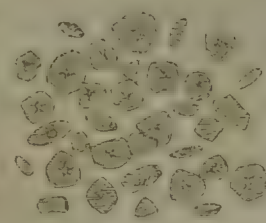


Fig. 229.

Unter der zweiten Form von Hörwerkzeugen, die man entdeckte, war das erste das der Heuschrecken. Dort findet man im hinteren Theil der Brust zu beiden Seiten über dem Ursprung des letzten Fußpaars einen schon dem bloßen Auge auffallenden Bau der äußeren Chitinhaut. Sie bildet eine nierenförmige Scheibe mit einem festen stark pigmentirten Ring (siehe Fig. 230 f), dessen Oeffnung von

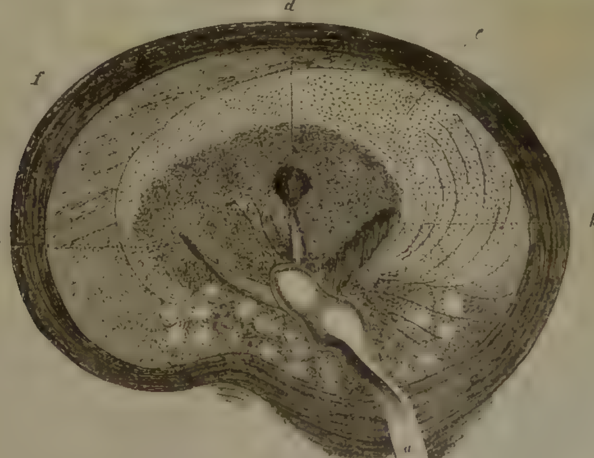


Fig. 230.

einer straff gespannten zarten Haut geschlossen ist. In der Mitte dieser letzteren treffen wir auf drei Verdickungen (b, c, d), die winklig mit ihrem einen Ende sich vereinigen. Der Höcker, der durch diese Vereinigung gebildet wird, besitzt bienenwabenähnliche Räume, in denen die knopfförmige Endigung eines starken Nervenstrangs (a)

liegt. Eine Tracheenblase legt sich von innen gegen die Chitinhaut an, so daß der Nerv zwischen beiden hinzieht.

Wer einmal ein menschliches Trommelfell mit seinen Gehörknöchelchen gesehen hat, wird natürlich über die große Aehnlichkeit so erstaunt sein wie der Entdecker des Heuschreckenohrs, und wenn nun einerseits feststeht, daß die Heuschrecke hört, wenn wir vom Menschenohr wissen, daß gespannte Membranen dort eine Rolle spielen, wenn man andererseits am ganzen Körper der Heuschrecke nirgends einen Apparat findet, der vermöge seiner physikalischen Zusammensetzung geeigneter wäre, die Ueberleitungen von Schallschwingungen auf das Nervensystem zu vermitteln, so dürfte man wohl mit Grund hier ein Gehörorgan vermuthen.

Man hat nun zunächst der Nervenendigung an dieser Stelle seine Aufmerksamkeit geschenkt und gefunden, daß die knopfförmige Anschwellung auf dem Trommelfell sich so ausnimmt wie Figur 231. Der Nerv schwillt zuerst bei b in eine von Farbstoffkörnchen durchsetzte und von großen blasigen Zellen ausgedehnte Masse (b) an und daran schließen sich eigenthümlich gebaute Nervenendzellen (c) an. Es liegt nämlich in ihrem kolbigen Ende ein spindelförmiges glänzendes Stäbchen, an dem man ein vorderes wie kappenförmiges Ende von einem konischen, im Querschnitt vierkantigen, unten fein zugespitzten Stäbchen unterscheidet. Die Entdecker haben diese Dinge mit dem Namen Hörstifte bezeichnet und sie hatten Recht, wenn sie dieselben zum Ausgangspunkt weiterer



Fig. 231.

Nachforschungen über das bis dahin noch unbekannte Hörorgan der anderen Gliederthiere nahmen, indem sie sagten, die Anwesenheit solcher Hörstifte müsse ein charakteristisches Erkennungszeichen für die Funktion des Hörens sein.

Später fand man bei der Grille und der grünen Heuschrecke in der Schiene des Beins nahe dem Kniegelenk ein Organ von ähnlicher Zusammensetzung. Ich habe es in Figur 232 abbilden lassen. a ist das obere, b das untere Ende desselben; f ist der gefärbte Theil des sogenannten Trommelfells, i ist der Stamm des Hörnerven, k ein Chitinstreifen an der Seite der Hörblase, die durch eine an die Chitinhaut sich anlegende Tracheenblase gebildet wird. In der Mitte sieht man die Hörzellen in einer nahezu geraden Linie eine neben der andern liegend und regelmäßig so geordnet, daß die größte am Kopfende, die kleinste am Fußende liegt. Im Innern derselben werden die von oben gesehenen, also rundlich erscheinenden Hörstifte deutlich. Von den Zellen gehen nach einer Seite hin die Verbindungsstränge mit dem Hörnerven (i), an dessen Anfangstheil man auch seine Ganglienzellen erblickt. Die Vergrößerung ist 200 fach. In B ist eine Hörzelle mit

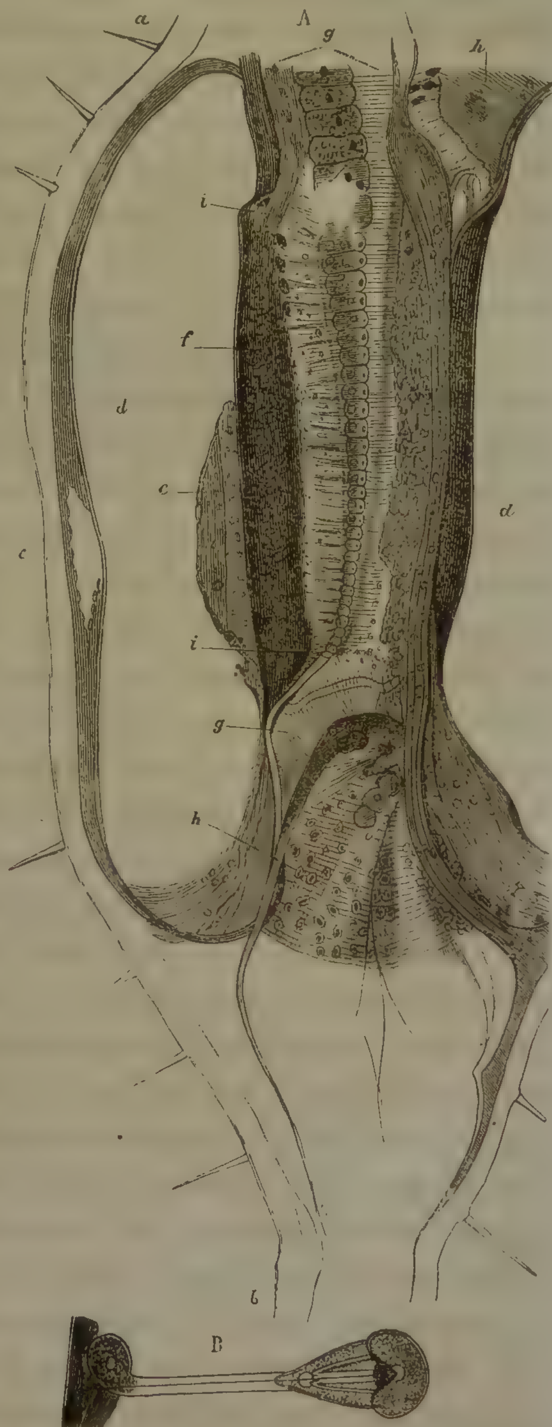


Fig. 232.

ihrem Hörstift bei stärkerer Vergrößerung von der Seite gesehen abgebildet, sie ist von einer zweiten mützenförmig bedeckt und geht am entgegengesetzten Ende in eine Zwischennervenzelle (c) über.

Um auf den neuesten Stand unserer Kenntniß über das Hörorgan der Wirbellosen übergehen zu können, bleibt uns jetzt noch die Schilderung eines ebenfalls schon länger bekannten Hörorgans bei den zehnfüßigen Krebsen übrig. Dort findet man in der Basis des innern Fühlers eine Tasche wohl in den meisten Fällen durch einen Schlitz mit der Außenwelt communiciren. Die Thatsache, daß in dieser Tasche Häufchen von kleinen Steinen sich finden, lenkte zuerst die Aufmerksamkeit der Anatomen auf dieses Organ. Man verglich sie mit den Hörsteinen der Schnecken und Wirbelthiere. Als man bei genauerem Zusehen sich überzeugte, daß diese Steine nicht von der Tasche gebildet werden, sondern von außen hinein gelangen — zweifellos, indem sie der Krebs mit seiner Scheere absichtlich hineinsteckt —, wurde man in der Deutung des Apparats als Hörorgan wieder etwas irre gemacht, bis man bei einer andern Krebsfamilie (Mysis) im Schwanzanhang eine Blase mit einem Hörstein fand, der ganz so wie die kleinen Hörsteinchen in der Fühlertasche auf steifen Chitinhaaren ruhte.

Das Natürlichste war nun eine genauere Untersuchung dieser Haare und da erkannte man denn, daß zu ihnen ein starker Nerv zieht, von dem zu jedem Haar ein blasses Band sich verfolgen ließ, mit einem harten, sehr feinen und langen Faden in seiner Mitte. Der Faden selbst, von seinem Entdecker Chorde genannt, hängt mit der aus Chitin bestehenden Haarröhre innig zusammen und scheint selbst aus Chitin zu bestehen. Der Erste, der diese Gebilde beschrieb, legte sich natürlich die Frage vor: Sind diese Haare geeignet durch Töne in Schwingungen versetzt zu werden oder nicht? Er construirte sich zu diesem Zweck einen Apparat, um die Wirkung eines Tons auf die Hörhaare zu untersuchen. Dabei fand er, während er mit dem Vergrößerungsglas ein Haar betrachtete und ein Gehilfe auf einem Instrument die Tonleiter blies, daß das Haar bei gewissen Tönen so stark erzitterte, daß man seine Umrisse nicht mehr deutlich wahrnehmen konnte, aber

immer nur genau so lange, als der betreffende Ton geblasen wurde; bei anderen Tönen blieb das Haar regungslos. Er hat drei verschiedene Haare in Bezug auf ihre musikalische Erregbarkeit untersucht und dabei gefunden, daß jedes Haar bei mehreren und zwar immer den gleichen Tönen schwingt. Es ist klar, daß das Erzittern des Haars sich auf die in den Nerven hineindringende Chorde fort erstreckt und so eine Schallwahrnehmung vermittelt werden muß.

War soweit die Sache zu einem ziemlich befriedigenden Resultat gelangt, so schien sich jetzt doch wieder eine neue Schwierigkeit zu ergeben, indem man bei Insecten und Krebsen die für Hörwerkzeuge erklärten Vorrichtungen in einer merkwürdigen Ausdehnung an den verschiedensten Stellen des Körpers fand. Bei den Insecten entdeckte man Nervenenden mit Hörstiften in den Beinen, in den Fühlern, Schwingkolben und meist so, daß sie gerade der für Schwingungen leichter zugänglichen Chitinhaut anliegen. Bei den Krebsen traf dasselbe in Bezug auf die Hörhaare ein, indem man ganz gleich gebaute Haare frei an verschiedenen Stellen des Leibes hervorragend fand und zwar an den Schwanzanhängen und den beiden Fühlerpaaren. Figur 233 giebt ein Fühlerstück einer Garneele (Palaemon antennarius). a ist der Nerv, b die in einer Reihe stehenden Hörhaare, auf die weiter unten noch einige zerstreute folgen, und man sieht da recht deutlich, wie von jedem Haar ein zarter Chitinfaden (c) zum Nerven heranzieht, um sich in ihm zu verlieren. Eine Zählung giebt bei diesem Thier mit den 80 Haaren in der Ohrtasche etwa 600.

Wie läßt sich nun all das zurecht legen? Mit unseren hergebrachten Vorstellungen, wie wir sie uns von unserem eigenen Leibe abgenommen haben, und dem, was hier geschildert wurde, scheint eine Art von Widerspruch zu bestehen. Am meisten Uebereinstimmung ist noch zwischen dem Menschen und den Mollusken und Würmern; hier wie dort ist der Hörapparat ein einheitliches, im Innern des Leibes liegendes Gebilde. Bei Insect und Krebs ist der Hörsinn, wenn die obige Auffassung richtig ist, ein nahezu ebenso

allgemeiner Sinn, wie bei uns der Tastsinn, er ist hinaus verlegt in die Bewegungsorgane, in Beine, Fühler, Schwanzanhänge ꝛc., und der ganze Apparat ist in eine Situation gebracht, wie wir sie

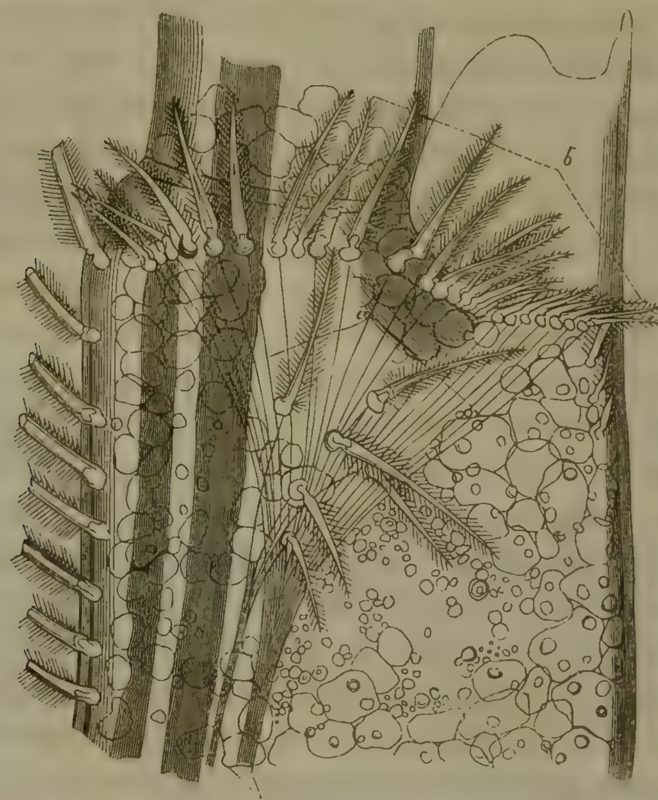


Fig. 233.

auch zunächst nur von Tastwerkzeugen erwarten: sie stehen als frei in die Außenwelt hineinragende Sonden auf der Körperoberfläche, was so auffallend mit der tiefen Versenkung unseres eigenen Ohrs in die Dicke der Schädelkapsel contrastirt.

Können wir annehmen, daß zwei so verschieden situirte Apparate für den Verkehr mit der Außenwelt das Gleiche leisten werden? Auf diese Frage muß mit Ja und mit Nein geantwortet werden. Mit Ja insofern: da ein Ton von allen wägbaren Stoffen fortgeleitet werden kann, freilich von dem einen mehr, von dem andern weniger, so ist es für den Hörapparat nicht unbedingt nothwendig, daß er an der Oberfläche des Körpers liegt. Schallleitende Körper, wie

Knochen, gespannte Häute, Flüssigkeiten, können den Ton in voller Stärke bis tief hinein in's Innere eines Körpers fortpflanzen. Der Leser kann das Experiment an sich selbst leicht machen. Legt man eine Cylinderuhr auf die Zunge, so wird man nicht im Stande sein, ihr Picken zu hören, sobald man sie aber mit den Zähnen berührt, hört man es fast so stark, als wenn man sie an's äußere Ohr halten würde. Der Grund ist, daß Knochen und Zähne den Schall sehr leicht leiten. Daß ein Apparat auf der äußeren Körperoberfläche eigentlich directer und leichter hört, als ein im Innern des Körpers versteckter, braucht wohl nicht erst auseinandergesetzt zu werden. Also die Verschiedenheit der Lage bedingt hier einen Unterschied, aber keinen wesentlichen.

Anders fällt aber die Beantwortung aus, wenn wir fragen, ob die freien Hörhaare der Krebse ganz genau dasselbe leisten, was unser Hörapparat verrichtet. Darauf kann man getrost mit Nein antworten. Wenn man auch zugiebt, daß beide hören können, so ist ebenso gewiß, daß die fraglichen Haare der Krebse außerdem noch tasten können, was unser Hörapparat nicht leistet.

Ist dies nun ein Widerspruch oder nicht? Der Leser nehme eine Stimmgabel zwischen die Finger und schlage sie an. Wird er nicht die Schwingungen derselben mit dem Tastapparat seiner Finger wahrnehmen? Wird er nicht mit den Fingern das Schwingen einer gestrichenen Geigensaite fühlen? Dies ist zunächst ein Beweis, daß der Ton, wenn auch nicht als solcher, von einem Tastwerkzeug wahrgenommen wird und jetzt liegt die Sache so: hört der Krebs mit seinem Hörhaar den Ton, so wie wir ihn mit dem Ohre hören, oder so wie wir ihn mit dem Finger wahrnehmen? Das läßt sich dahin beantworten. Die Leitungsfähigkeit, mit der ein Hörhaar seine Schwingungen dem Nerven mittheilen kann, ist eine viel größere, als die Leitungsfähigkeit des dicken geschichteten Oberhäutchens, das die Tastkörperchen unserer Fingerspitzen deckt und deswegen wird der Krebs Schwingungen wahrnehmen, die unsere Tastkörperchen nicht mehr empfinden. Ferner wird eine Schallwelle aus dem Wasser viel leichter auf einen festen Körper übertragen als aus der Luft. Weiter

geht aus der verschiedenen Länge und Stärke der Haare und aus dem oben angeführten Experiment hervor, daß nicht jedes Haar bei jedem Ton schwingt, daß also der Krebs nicht bei jedem Ton die gleiche Empfindung haben wird, indem bei dem einen Ton das eine, bei einem andern das andere Haar schwingt. Er kann also die Töne nicht nur nach ihrer Stärke unterscheiden, sondern auch nach dem Ort, wo das schwingende Haar sitzt. Dies ist eine Fähigkeit, die unseren Tastkörperchen abgeht, weil ihnen der mechanische Leitungsapparat fehlt. Freilich eine andere Frage ist's, ob im Centralorgan die Empfindung der vom Menschen mit dem Ohre gehörten und der vom Krebse gefühlten Töne gleich ist. Das zu untersuchen haben wir leider keine Mittel, wir wissen nur, daß der Krebs einen Sprung macht, so oft man eine Tonwelle in dem Wasser erzeugt.

Was folgt nun aus alledem für das Wesen der Hörfunction? Daß sie sich zu dem Tastsinn verhält, wie das Specielle zu dem Allgemeinen und für die Hörhaare des Krebses, daß sie Organe sind, welche eine allgemeinere Function besitzen, als das Hörorgan des Menschen; sie verrichten nicht nur das specielle Tasten von Schallwellen, sondern das Tasten überhaupt. Der Unterschied zwischen Mensch und Krebs besteht also darin: während der Krebs einen einzigen Apparat besitzt für Tasten und Hören, der beides mit gleicher Virtuosität thut, hat der Mensch zwei, von denen der eine nur das Hören verrichtet, und der andere so gelagert ist, daß er nur in den günstigsten Fällen einen Ton tasten kann. Wir können nicht sagen, daß der Krebs etwa unvollkommener organisirt wäre; wir haben keinen Grund zu sagen, daß er schlechter hört und noch weniger Grund zu sagen, daß er schlechter fühlt, denn davon kann man sich mittelst Experiment leicht überzeugen, daß der Krebs mit seinen Haaren Berührungen wahrnimmt, die auf uns schwerlich mehr einen Eindruck machen. Am Richtigsten ist, wenn wir sagen: beim Menschen ist der Tastsinn abgestumpft und zwar in jeder Beziehung, am meisten aber für das Tasten der Töne. Dieser Mangel wird nur dadurch ersetzt, daß sich für das Hören ein besonderes Organ gebildet hat.

Jetzt wird der Leser die früher gemachte Auseinandersetzung, daß wir weiter abwärts im Thierreich zu einer Vereinfachung der Sinnesapparate gelangen, vollständiger zu würdigen wissen und namentlich wird er einsehen, daß dies nicht so zu verstehen ist, als ob die Thiere allmälig blind und taub und empfindungslos würden. Die Vereinfachung besteht nicht in der Abnahme der Empfindlichkeit überhaupt, sondern nur in einer zunehmenden Unfähigkeit, die verschiedenartigen Eindrücke der Außenwelt zu unterscheiden. Mit Bezug auf unsere früheren Bemerkungen über den Tastsinn, ist es also auch beim Hörapparat, wie bei allen andern gelungen, ihn als eine verfeinerte Tastvorrichtung zu erkennen und wir dürfen getrost den Satz aufstellen: Alle vier Detailsinne sind nur Modification des allgemeinen Tastsinns.

XLVIII.

Das Ohr des Menschen.

Konnten wir beim Auge eine einfache Entwicklungsreihe von dem Pigmentfleck des Wurmgehirns bis hinauf zu dem Augapfel des Menschen entrollen, so will dies beim Ohr nicht gelingen.

Trotzdem läßt sich eine Einheit zu Wege bringen, sobald man die Entwicklung dieses complicirten Apparats in's Auge faßt, die gewissermaßen eine Verbindung eines Schneckenauges mit dem Gehörorgan eines Krebses genannt werden kann, wobei freilich zu berücksichtigen ist, daß hierzu noch zwei neue Elemente kommen, die bei keinem andern wirbellosen Thiere sich vorfinden.

Ich will bei der Schilderung dieses Organs etwas umständlicher zu Werke gehen, weil es eines der merkwürdigsten Beispiele ist, wie das Gegeneinanderwachsen localer Wucherungen, das Ineinandergreifen

der verschiedenartigsten Elemente es ist, was solche localisirte Apparate erzeugt, wie es Auge und Ohr der höheren Thiere ist.

Während die früher besprochene offene Communication des Perigastriums der Schnecken zumal der im Wasser lebenden eine Zuleitung des Schalls auch dann sichert, wenn das Hörorgan im Perigastrium liegen bleibt, während bei den Krebsen ihr Aufenthalt im Wasser es erlaubt, die zarten schallwahrnehmenden Apparate auf die Außenfläche des Körpers zu verlegen, befindet sich der Mensch in Folge seines Aufenthalts in der trockenen Luft in einer Lage, die ihn zwingt, eine andere Richtung einzuschlagen. Er darf mit seinen schallwahrnehmenden Apparaten nicht auf die Oberfläche des Körpers vorrücken, um sie nicht der Gefahr auszusetzen, durch Vertrocknung unbrauchbar zu werden: sie müssen in der Tiefe bleiben wie bei den Weichthieren. Dies vorausgeschickt macht die Schwierigkeit, mit der sich Schallwellen auf Gegenstände von verschiedenem Festigkeitszustand übertragen lassen, das Auftreten leitender Apparate nothwendig. Während die ersteren, die empfindenden Apparate, Auswüchse des Gehirns sind von innen nach außen, also vergleichbar der gestielten Ohrblase einer Schnecke, sind die letzteren Einstülpungen der äußeren Haut, wie die Gehörblasen der Krebse, und deshalb kann man sagen, daß das Ohr des Menschen eine Vereinigung von Weichthier- und Krebsohr ist.

Beim Embryo sieht man von der unteren Fläche der Oberhaut des Kopfes einen sehr frühzeitig hohl werdenden, aus Zellen gebildeten Zapfen in die Tiefe dringen. Dieser Theil des Gehörorgans nimmt also in derselben Weise seinen Anfang, wie wir es bei den Talgdrüsen, den Haaren und Schweißdrüsen bereits beschrieben haben. In der Tiefe mit der Spitze angelangt, erfährt diese eine lappige Theilung, wie wir es auch in andern Fällen z. B. bei den Talgdrüsen gesehen haben, nur mit dem Unterschied, daß die Lappung nicht wie hier eine regellose ist, sondern eine ganz bestimmte in drei kugelige Bläschen und einen cylindrischen Zapfen.

Die ersteren erfahren eine seitliche Zusammendrückung, die in

der Mitte der Blase so weit geht, daß die gegen einander gekehrten Wände des Bläschens mit einander verwachsen. So wird der Hohlraum ringförmig, wie bei den bekannten Kautschukluftkissen. Die Ringe vereinigen sich in einem gegebenen Punkte mit einander, entsprechend ihrem Ursprung aus einem gemeinschaftlichen Drüsenschlauch. So entstehen die bekannten drei Bogengänge oder halbcirkelförmigen Canäle des sogenannten Labyrinths.

Das zweite wesentliche Gebilde entwickelt sich aus dem vierten Lappen, in den der Hautauswuchs endigt. Er behält seine cylindrische langgestreckte Form, wickelt sich aber bei seinem Längenwachsthum spiralig auf und giebt so die Veranlassung zur Bildung der bekannten Schnecke.

Auf Grund dieser Entwicklung können wir das häutige Labyrinth auf die gleiche Stufe stellen mit den Oberhautgebilden, und zwar zunächst mit den Hautdrüsen. Der Umstand aber, daß die späteren Wachsthumsvorgänge eine Abtrennung des Labyrinths von seinem Mutterboden zur Folge haben, erinnert uns an die Entwicklungsgeschichte der Linse und des Glaskörpers im menschlichen Auge, die ebenfalls von dem Oberhäutchen als Kolben in die Tiefe wachsen in's Innere des Augapfels und später davon abgeschnürt werden. Ehe ich von dem zuleitenden Apparat spreche, will ich jetzt sogleich mich zum feineren Bau des Labyrinthes wenden. Am einfachsten sind die Verhältnisse in den Bogengängen. Entsprechend ihrer Herkunft sind es Hohlcanäle von einem Epitel ausgekleidet. An eine Stelle jedes derselben ist ein Nerv aus dem Gehirn herangetreten, und seine Fasern haben sich in Verbindung gesetzt mit einer Gruppe von Oberhautzellen des Röhrchens; dies erfährt an dieser Stelle eine Erweiterung, die unter dem Namen Ampulle bekannt ist. Die betreffenden Zellen unterscheiden sich von dem übrigen Epitel des Röhrchens durch beträchtlichere Größe, so daß sie eine polsterförmige Anschwellung bilden und dadurch, daß sie auf ihrer freien Fläche lange steife Haare tragen, die in die Flüssigkeit des Röhrchens hineinragen. Der Leser wird leicht vermuthen, daß die Schwingung eines solchen

Haars ebenso zur Wahrnehmung eines Nerven kommen muß, wie die Schwingung der Hörhaare eines Krebses, denn die Zelle, der er aufsitzt, ist eine Nervenendzelle. Figur 234 stellt dieses Verhältniß bei einem wenige Tage alten Fische dar. In der Ampulle ist d das Polster von Nervenendzellen, g der zu ihm herantretende Nerv, in h sieht man, daß die einzelnen Nervenfäden spindelförmig angeschwollen sind, ehe sie sich mit den Nervenendzellen vereinigen. Es rührt dies natürlich davon her, daß auch hier einst eine Zelle lag, durch deren beiderseitiges Auswachsen erst die Continuität zwischen Nerv und Endzelle hergestellt wurde. Es ist eine Nervenzwischenzelle.



Fig. 234.

Schwieriger ist der Bau der Schnecke zu verstehen. Wir müssen da zunächst wieder an die Entwicklungsgeschichte appelliren. Wenn ein Oberhautzapfen in die Tiefe wächst, so wird er natürlich die unter ihm liegende Bindegewebsschicht, also hier die Lederhaut, nicht einfach durchbohren, sondern sie wie einen Handschuhfinger vor sich herstülpen. Dies ist bei der Schnecke nun auch der Fall und das Herantreten des Hörnerven an den inneren Rand des Schneckenschlauches in Verbindung mit einer Fortentwicklung dieser Bindegewebshülle erzeugt die eigenthümlichen Verhältnisse, die uns so lange das Verständniß des wichtigsten Theils im menschlichen Ohre verschlossen und natürlich hat die Einlagerung des Ganzen in einem felsenfesten Knochen Schwierigkeiten für die Präparation geschaffen, die nur aufopfernde Geduld und besondere Geschicklichkeit überwanden.

Am vollständigsten werden diese Bildungsvorgänge dem Leser

werden, wenn ich ihm auf einigen Querschnitten die Umgestaltung des ursprünglich einfachen Schneckenrohrs in die Verhältnisse, wie wir sie beim Erwachsenen finden, schematisch darstelle.

Bei allen Querschnitten der Figur 235 ist x die Höhlung des



Fig. 235.

ursprünglichen Schneckenrohrs, a das einfache Epitel desselben, b die bindegewebige Umhüllung und c der Nerv. A stellt das Grundschema des Schneckenrohrs im Querschnitt dar, in B sehen wir es in folgender Weise verändert: von der Seite tritt der Nerv (c) gegen das Schneckenrohr heran. Das Epitelrohr ist aus der runden Form übergegangen in eine mehr flach gedrückte, und zwar hat sich da, wo der Nerv herantritt, eine winkelige Knickung gebildet. Hier und an der entgegengesetzten Stelle ist die bindegewebige Umhüllung noch von der ursprünglichen Dicke, bei b und b' hat sie an Masse zugenommen. Gehen wir über zu Figur C. Das Epitelialrohr (a) hat einen dreieckigen Querschnitt erhalten, mit abgestumpften Winkeln, der Nerv (c) ist bis zu denselben gelangt und hat sich an den Boden derselben angelegt. Seine Fäden sind in Verbindung getreten mit den dort liegenden Epitelzellen. Die bindegewebige Umhüllung hat

sich bei b und b' noch weiter ausgedehnt und ist zu einem lockeren gallertigen Bindegewebe geworden. Nun wenden wir uns zu dem Schema des Erwachsenen, wie ich es in D dargestellt habe. Betrachten wir zuerst das Epitelialrohr (a). Sein Querschnitt hat sich nur dadurch verändert, daß an der Stelle der unteren Wand, wo der Nerv herangetreten ist, die Epidermiszellen durch kolbiges Auswachsen einen Wulst gebildet haben, der in seine Lichtung vorragt. Um die Verhältnisse zu verstehen, die durch die eigenthümliche Entwickelung der Bindegewebshülle erzeugt worden sind, darf der Leser nicht vergessen, daß die Gebilde, von denen wir reden, inmitten eines Knochens sich entwickeln. Ich habe diesen durch die dunkel schraffirte Schicht (d) versinnlicht. Durch das Herantreten des Nerven an das Epitelialrohr ist auf der einen Seite der obere Theil (b) von dem unteren (b') getrennt worden. Diese Trennung wird nun auf der entgegengesetzten Seite dadurch zu einer vollkommenen gemacht, daß das Stück (m) derselben verknöchert, während die beiden Theile, deren Querschnitte in b und b' gezeichnet sind, durch Schmelzung in eine Flüssigkeit sich verwandeln. Jetzt sind natürlich aus dem ursprünglich einfachen Schneckenrohr drei Röhren entstanden, in der Mitte und zwar näher dem äußeren Rand das Epitelialrohr (x) und nach oben und unten zwei größere Röhren, die sogenannte obere und untere Schneckentreppe. Getrennt sind diese drei Röhren in folgender Weise: Auf der inneren Seite sind die Schneckentreppen (b und b') getrennt durch eine vorspringende Knochenleiste (o), in deren Dicke der Hörnerv verläuft. Es ist dies die sogenannte knöcherne Spiralplatte, die an ihrem freien Rand in zwei Kanten ausläuft. Zwischen sie ist der innere Winkel des Epitelialrohrs eingeschoben. Nach außen wird die Trennung durch das letztere selbst hervorgebracht. Wie die Abbildung ergiebt, sind die beiden Wandungen dieses letzteren verschiedenartig gebaut. Das Häutchen (a), welches x von b trennt, besteht nur aus einer Schicht zarter Epitelzellen. Ihr haben die Anatomen einen eigenen Namen gegeben, indem sie sie nach ihrem Entdecker Reißner'sche Haut nannten.

Die Haut, die x von b' trennt, ist compacter, schon dadurch, daß hier die Epitelzellen zu massiven Nervenendzellen geworden sind. Dann hat sich aber auch unter ihr noch etwas Bindegewebe erhalten, das nun eine straffe, sehnige Haut bildet, die vom freien unteren Rande der Knochenleiste (o) sich straff herüberspannt zu der knöchernen Partie, die ich mit m bezeichnet habe. Auf ihr ruhen also die Hörzellen, wie auf einer gespannten, resonanzfähigen Fläche. Man hat sie die häutige Spiralplatte genannt.

Wie schon bemerkt, hat es lange Zeit gedauert, bis man diesen Sachverhalt richtig erkannt hat, und complicirt wurde die Sache noch dadurch, daß die Zellen des Epitelialrohrs durch Abscheidung von gerinnendem Zellkitt auf ihrer Oberfläche ein solides Gebilde erzeugen, das sich später von seinem Mutterboden ablöst und — auf dem Querschnitt ein leichtgeschwungenes Band (o) darstellend — locker auf dem Wulst der Hörzellen aufliegt. Es ist dies das sogenannte Corti'sche Organ, über dessen Lage, Bedeutung, Stellung und Ursprung man lange im Unklaren blieb.

Gerade diesen Fall will ich herausgreifen, um dem Leser eine Vorstellung davon zu geben, mit welchen Schwierigkeiten die mikroskopische Forschung beim Thierkörper zu kämpfen hat. Man war bald im Reinen, daß das Epitelialrohr der Schnecke einer der wichtigsten Theile des ganzen Ohres sei und verwandte auf dessen Untersuchung die größte Sorgfalt. Die entscheidendste Methode ist hierbei die Anfertigung von feinen Querschnitten, die gestatten, sie mit starker Vergrößerung zu untersuchen. Wo alle Theile, die durchschnitten werden müssen, eine gleichmäßige, nicht zu hohe Festigkeit haben, gelingt es verhältnißmäßig leicht, wo es aber nicht der Fall ist, gerathen die zarten Elementartheile leicht in Unordnung. Der Mikroskopiker hat nun die Aufgabe, durch wiederholte Anfertigung neuer Schnitte die richtige Verbindung zu ermitteln, und er kann deshalb auf einen Erfolg rechnen, weil die Verrückungen voraussichtlich nicht immer an denselben Stellen erfolgen werden.

Bei der Schnecke sind nun die Verhältnisse hierfür die aller-

ungünstigsten. Das äußerst zarte Epitelialrohr liegt fast frei in einem harten Knochencanal. Hier führte die Einspritzung von erstarrendem Leim in die Hohlcanäle schließlich dahin, die einzelnen Zellen des Epitelialrohrs vor gewaltsamer Zerreißung durch das Messer zu schützen und so den wahren Sachverhalt festzustellen. Ich stelle hier zwei Zeichnungen des Schneckenepitelialrohrs neben einander. Figur 236



Fig. 236.

zeigt die Verhältnisse, wie wir sie nach den neuesten genauen Untersuchungen kennen, Figur 237, wie sie von einem der gewandtesten

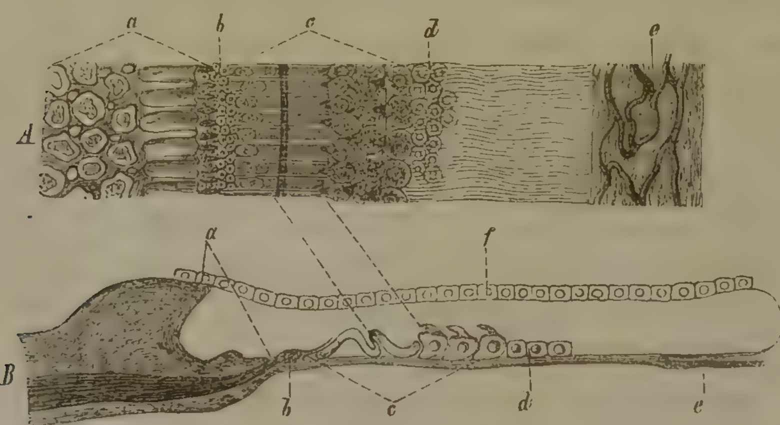


Fig. 237.

Mikroskopiker früher aufgefaßt wurden. Die Bezeichnung ist bei beiden Figuren die gleiche. a sind die beiden Enden des freien Randes der knöchernen Spiralplatte, f der obere Theil des Epitelialrohrs, die sogenannte Reißner'sche Haut, b eine haartragende Nerven-

endzelle, mit c sind zweierlei Gebilde bezeichnet, das schlangenförmig gewundene Band ist das sogenannte Corti'sche Organ, die mit einem hackigen Fortsatz versehenen Zellen sind gleichfalls Nervenendzellen, die aber in Figur 237 durch Schrumpfung eine andere Form angenommen haben; d sind wieder gewöhnliche Epitelialzellen, die dunkel schraffirte Haut, auf der die letzteren liegen und in die bei e eine Gefäßschlinge hereintritt, ist die häutige Spiralplatte.

Figur 237 A giebt das Epitelialrohr mit Hinweglassung der Reißner'schen Haut, wie sich der Querschnitt B von der Fläche ausnehmen würde.

Die Unrichtigkeit der letzteren Figur hat ihren Grund darin, daß die einzelnen Bestandtheile des Epitelialrohrs an drei Stellen auseinander gewichen sind, einmal bei a, dann an dem entgegengesetzten Winkel des flachgedrückten Rohrs und drittens dadurch, daß der Druck des schneidenden Messers das frei im Epitelialrohr auf dem Hörzellenwulst liegende Corti'sche Organ unter Zerreißung des Hörzellenwulstes zwischen die auseinanderweichenden Hörzellen hineingepreßt hat.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Schilderung des Ohrs zurück. Der Theil des Labyrinths, in dem Schnecke und Bogengänge sich vereinigen — ein unregelmäßig gestalteter Hohlraum — trägt den dritten empfindenden Nervenapparat, nämlich zwei mit Hörsteinchen und einer wässrigen Flüssigkeit gefüllte Bläschen, in deren Wand ein Ast des Hörnerven endigt. Das ist der Theil des menschlichen Ohrs, der der Hörblase der Schnecken entspricht.

Wir sehen somit, daß auch beim Gehörorgan des Menschen wie bei dem der Thiere und den Sinnesorganen überhaupt Stäbchen oder Haare tragende Nervenendzellen es sind, die die Wahrnehmung vermitteln. Beim Menschen werden ihre Endhaare in Schwingung versetzt, so oft eine Schallwelle die wässrige Flüssigkeit, in die sie hineinragen, durchzittert. Unterschiede in Länge und Dicke der Nervenhaare werden auch hier zur Folge haben, daß bei bestimmten Tönen nur die Haare schwingen, welche vermöge ihrer physikalischen

Beschaffenheit denselben Ton erzeugen. Wir können also unser Ohr mit einem musikalischen Instrument vergleichen, dessen tönende Theile freistehende elastische Stäbchen sind, jedes auf einen Ton gestimmt, wie die Messingblättchen einer Blasharmonika.

Wir müssen nun noch mit einigen Worten die Apparate schildern, durch welche die Schallwellen zu dem im Innern des Körpers verborgen liegenden Labyrinth geleitet werden. Am besten thun wir's wieder an der Hand der Entwicklungsgeschichte. Ihrem Herkommen nach unterscheiden wir dreierlei: die Paukenhöhle, den äußeren Gehörgang und die Hörknochen. Die erstere entsteht durch eine Einsenkung des Epitels, das die Rachenhöhle überzieht. Als kolbenförmig endende Tasche stülpt sie sich in die Bestandtheile des Kopfes so ein, daß sie mit ihrem Ende den der Seite des Kopfes zugewandten Theil des Labyrinths bedeckt. Die Wand, die diesem zugewendet ist, verschmilzt mit der entsprechenden Wand des Labyrinths und zwar mit dem Vorhof. Die so gebildete Scheidewand zwischen beiden verknöchert mit Ausnahme zweier Stellen, die häutig bleiben. Die Anatomen nennen sie Fenster und unterscheiden ein eiförmiges und rundes. Gegen ihre Ursprungsstätte, die Rachenhöhle, hin steht die Paukenhöhle durch einen Canal in offener Verbindung. Man nennt ihn die Ohrtrompete. Von ihrem Vorhandensein rühren die lästigen Gefühle und Geräusche her, die wir so häufig beim Schnupfen wahrnehmen in Folge des Eindringens von Nasenschleim in ihre Lichtung. Auch eine nicht geringe Anzahl von Ohrenkrankheiten rührt von Schwellung, Verstopfung und abnormer Absonderung der Ohrtrompete her.

Der zweite schallleitende Apparat ist eine spätere Einstülpung der äußeren Haut des Kopfes in die Tiefe und zwar bis hinab zur äußeren Wand der Paukenhöhle. Der äußere Gehörgang, — denn das ist's, von was wir hier sprechen — legt sich mit seinem Ende an die Paukenhöhle an. Da, wo die beiden Wandungen sich berühren, erfahren sie eine beträchtliche Verdünnung und bilden in ihrer Vereinigung das, was allen meinen Lesern unter dem Namen

Trommelfell bekannt sein wird. An den andern Stellen behält die Haut des äußeren Gehörgangs nahezu denselben Bau, wie die Haut der Körperoberfläche und besitzt Haare, Talg- und Schweißdrüsen, nur daß die Absonderung der letzteren, das Ohrenschmalz, eine eigenthümliche Beschaffenheit annimmt. Die Ohrmuschel oder das sogenannte äußere Ohr ist nichts anderes als eine Hautfalte, die sich wallförmig um die Ohröffnung erhoben hat.

Es ist nicht uninteressant einen Vergleich mit dem Auge anzustellen. Wir sahen, daß das letztere aus drei Theilen besteht: 1) aus dem vom Gehirn heraus wachsenden Augapfel, 2) aus einer in ihn eingedrungenen Wucherung der äußeren Haut, die sich später von ihrem Mutterboden löste und als Linse und Glaskörper im Augapfel liegen blieb und endlich 3) einer später erfolgenden zweiten Einstülpung der äußeren Haut zur Bildung des Bindehautsackes, den die beiden Augenlider umstehen. Dieselben Vorgänge finden wir beim Ohr. Der Hörnerv ist ein Auswuchs des Gehirns, zu dem successive zwei Auswüchse der äußeren Haut herantreten, der erste, der das Labyrinth liefert, entspricht Linse und Glaskörper und löst sich wie diese letzteren von dem Mutterboden ab. Dem Bindehautsack mit den Augenlidern entspricht endlich der äußere Gehörgang mit dem äußeren Ohr. Die Aehnlichkeit geht sogar noch weiter. Der Ohrtrompete, die aus einer Einstülpung der Mundrachenschleimhaut entstand, entspricht der Thränencanal mit dem Thränensäckchen, der als eine Ausstülpung der Nasenschleimhaut entsteht und sich an den Bindehautsack anlegt. Der Unterschied besteht nur darin, daß da, wo sich beide berühren und zwar an zwei Stellen, eine Oeffnung entsteht, die eine Communication zwischen beiden herstellt; es sind dies die am innern Augenwinkel liegenden Thränenpunkte.

Der letzte Bestandtheil des Ohrs, den wir mit keinem anderen Theile des Auges vergleichen können, sind die Gehörknöchelchen.

Ihre Entstehung ist eine höchst eigenthümliche. Der Leser wird sich erinnern, daß ich bei Gelegenheit der Thymusdrüse von den Kiemenbogen des Embryo sprach, die zu beiden Seiten des Körpers

entspringen. Jeder dieser Kiemenbogen trägt in seinem Innern einen später verknöchernden Knorpel.

Der erste und zweite Kiemenbogen nun ist es, der bei der Geschichte des Ohrs eine Rolle spielt. Die zwischen ihnen bestehende Spalte schließt sich an ihren hinteren an der Basis des Kopfes liegenden Winkel, so daß von ihr nur eine Grube an der äußern Seite des Leibes übrig bleibt und eine gleiche entsprechende an der inneren Seite. Aus der äußeren wird der äußere Gehörgang, aus der inneren die Paukenhöhle mit der Ohrtrompete und da, wo sie an einander stoßen, entsteht das Trommelfell. Denken wir uns nun, daß die beiden Knorpelstreifen, die in den beiden Kiemenbogen liegen, an derselben Stelle unter Bildung einer gelenkigen Verbindung mit einander verwachsen, und während Paukenhöhle und Grund des äußeren Ohrs immer mehr sich ausweiten, klein bleibend an ihrer alten Stelle ruhen, so werden daraus Knöchelchen entstehen, die zwischen den beiden Blättern des Trommelfells liegen. Lassen wir jetzt eines derselben einen Fortsatz nach einwärts in die Paukenhöhle treiben, bis es die gegenüberliegende, an den Vorhof des Labyrinths grenzende Wand erreicht, um an der Stelle, wo das eiförmige Fenster liegt, mit der Scheidewand zwischen Paukenhöhle und Vorhof zu verwachsen, so sind wir über die Lage der Gehörknöchelchen orientirt.

Der Curiosität halber will ich noch anführen, daß nicht der ganze Knorpelstreif der zwei Kiemenbogen zur Bildung der Gehörknöchelchen verwendet wird, sondern nur der hintere Theil; der vordere Abschnitt des ersten Bogens wird zum Unterkiefer, der des zweiten zum Zungenbeinhorn. Dies möge zugleich dem Leser ein Beispiel sein, wie weitgehend die Veränderungen in einem so ausgedehnten und mannigfaltigen, scheinbar willkürlichen Entwicklungsvorgängen unterworfenen Thierkörper werden können.

Auch wird der Leser jetzt begreifen, warum ich die Schilderung des Ohrs an's Ende der Betrachtung des Thierkörpers gestellt habe: Es ist das complicirteste Organ, das wir kennen, an dessen Herstellung alle Schichten und Schichtengruppen — daß auch Muskeln

zur Bewegung der Gehörknöchelchen mit in die Zusammensetzung eingehen, vergaß ich zu erwähnen — sogar in mehrfacher Wiederholung sich betheiligen.

Wenn uns je etwas darauf führen kann, was der wesentliche Unterschied zwischen der thierischen und der pflanzlichen Zelle ist, so ist es das Vorkommen solch weit gehender Einschachtlungen, entstanden durch Entgegenwachsen ursprünglich getrennter Dinge: die höhere Bewegungsfähigkeit und Selbstständigkeit, die die thierische Zelle im Gegensatz zu der so bald hinter ihrer Cellulosenhülle in Ruhestand versetzten Pflanzenzelle auszeichnet, ist es allein, was beide zu so verschiedenem Ende führt.

Gestatte mir der Leser diesen Schlußsatz in seinen Hauptpunkten als Recapitulation hierher zu stellen:

Die größere Selbstständigkeit und Bewegungsfähigkeit war die Ursache des erstmaligen Hohlwerdens der Zellcolonie: durch Auseinanderweichen entstand die Lichtung des Darmcanals, jenes Hohlraums, der den ersten wesentlichen Unterschied zwischen Thier- und Pflanzenkörper bildet. Der gleichen Ursache verdankt das Thier die Bildung des Perigastriums, jener kreisförmigen Spalte, welche die Zellcolonie schied in Leibeswand und Darmwand und von der wir noch vor Kurzem auseinandergesetzt haben, daß sie die Vorbedingung zu weiterer Entwicklung wurde; hat sie ja doch dazu beigetragen, einer großen Zahl thierischer Zellen zu einer noch weiter gehenden Steigerung ihrer Selbstständigkeit zu verhelfen und dies in dem Aufbau der Systeme und perigastrischen Drüsen zu bethätigen. Und endlich verdanken wir der höheren Selbstständigkeit und Bewegungsfähigkeit der thierischen Zelle jene mannigfachen, bald nach außen bald nach innen dringenden localen Wucherungen, die sich zu den mannigfaltigsten Organen umgestalteten.

Wenn wir deshalb aus unserer Betrachtung der organischen Wesen den Schluß ziehen, daß jedes eine Colonie oder, wenn wir so wollen, ein Staatswesen ist, zusammengesetzt aus Einzelwesen und regiert von Gesetzen, die ihnen theils die Außenwelt dictirt, theils

sich aus gegenseitigem Brauch und Herkommen unter den Zellen selbst entwickeln, so gilt dieser Ausspruch am allermeisten von dem Thierkörper. In diesem Satz liegt die Lösung des Räthsels, das sein wunderbarer Bau unserem Scharfsinn vorgelegt. Gelungen ist uns diese Lösung nur durch's Mikroskop, durch das wir in Stand gesetzt wurden, jene winzigen Geschöpfchen, die Zellen, zu sehen, jenes Volk von Pygmäen, das dieses Staatswesen bildet.

Dritter Theil.

Die Lebensgeschichte der organischen Wesen.

I.

Das Wunder der Erhaltung.

Zwei Wunder sind's, die wir im Reich des Organischen anstaunen: der feingegliederte und trotz der reichen Gliederung doch aus einfachen Elementen aufgerichtete Bau des Thier- und Pflanzenkörpers, und das zweite ist der merkwürdige Proceß, mittelst dessen die organischen Wesen, so hinfällig sie selbst auch sind, sich fortwährend erhalten und vermehren. Wie der Phönix aus der Asche erhebt sich Generation um Generation aus den Gräbern der Dahingeschiedenen und seit wir angefangen haben in unserer Erdrinde nach den Spuren zu forschen, die das organische Leben im Lauf seiner Entwicklung zurückgelassen hat, wird es von Jahr zu Jahr immer mehr zur unumstößlichen Gewißheit, wie tief dieser merkwürdige Proceß auf die Gestaltung unserer Erdoberfläche eingewirkt hat.

Bei mehreren Gelegenheiten erzählte ich, daß die mächtigsten Gebirgsschichten nichts anderes sind, als die Gebeine längst ver-

storbener Thiere und Pflanzen. Die weiten Gründe in den Tiefen des Oceans fanden wir besät mit den Schalen und Schalentrümmern kieselpanzeriger Diatomeen und kalkschaliger Wurzelfüßer, und wenn sich Jemand die Mühe nehmen wollte nach Cubikfußen zu berechnen, welche Masse die aus Pflanzenleichen bestehenden Torf- und Kohlenlager, die aus Thierschalen gebildeten Kalksteine, Kreiden, Mergel, Trippel, Bergmehle 2c. ausmachen, so würde man Zahlenwerthe bekommen, die nur den Astronomen geläufig sind, wenn sie die unendlichen Räume des Weltalls durchmessen. Aber trotzdem wäre diese Zahl nur der allergeringste Bruchtheil von der, die man erhielte, wenn man den Cubikinhalt aller Wesen, die seit Anfang auf unserer Erde lebten, zusammenrechnen wollte. Nährte sich nicht die junge Pflanze von dem Moder, in den die alte zerfallen, speiste sie nicht die Kohlensäure, die das Thier ausgeschieden, mordete nicht das Thier die Pflanze um ihren Leib zu verzehren und führte nicht Thier gegen Thier den Kampf um's Dasein, in dem das schwächere dem stärkeren seinen Leib zur Nahrung und Wachsthum überlassen mußte — würden vielmehr alle organischen Wesen die Stoffe, aus denen ihr Leib sich aufbaut, nur der unorganischen Natur entnehmen, so wäre längst unser ganzer Erdball von den organischen Wesen aufgefressen, wie ein Käse von den Milben. Wenn noch etwas von ihm da wäre, so wäre es ein Gebeinhaufen von Lebewesen.

Es schwindelt dem Verstande, wenn er durch Rechnung findet, daß eine Diatomee, vorausgesetzt daß Nahrung und Platz genug vorhanden ist, in acht Tagen eine Masse erzeugen kann, so groß wie der ganze Erdball; daß ein Mäusepaar, eine ungestörte, durch nichts beschränkte Entwicklung vorausgesetzt, trotz des complicirten Baues und trotz der geringen Jungenzahl, schon in zehn Jahren zu einer Heerschaar anwachsen würde, die ebenfalls den Cubikinhalt des Erdballs hat. Und doch ist dem so: jedem einzelnen Thier und jeder Pflanze, die heute auf unserer Erde lebt und früher gelebt hat, wohnt die Fähigkeit inne, binnen der allerkürzesten Zeit zur unglaublichsten Individuenzahl anzuschwellen und wenn es nicht geschieht, so verdanken

wir es nur dem Umstand, daß der Kampf um's Dasein, der Kampf um Raum und Nahrung, die fortwährend neu entstehenden Organismen zu Milliarden und aber Milliarden hinschlachtet und daß eben auf der Erde nicht mehr Organismen neben einander leben können, als Raum und Nahrung vorhanden ist.

Was ist Raum und Nahrung für ein organisches Wesen? Nahrung sind alle die Stoffe, aus denen ein Thierkörper bestehen kann, und deren sind es bekanntermaßen verhältnißmäßig wenige. Von den etwa 70 Elementen, aus denen unser Erdball zusammengesetzt ist, sind es im Wesentlichen vier, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, denen sich in geringer Menge etwa ein Dutzend anderer beigesellen, um einen Thier- oder Pflanzenkörper aufzubauen. Aber dieses Verhältniß wird bedeutend herabgesetzt, wenn wir wissen, daß alle die Elemente, die Nahrung für einen Organismus sein können, nur in der äußersten Schicht unseres Erdkörpers vorhanden sind. Deutet doch das specifische Gewicht des letztern, das ungefähr dem des Eisens gleich ist, darauf hin, daß die Hauptmasse desselben aus schweren Metallen zusammengesetzt ist, also aus Stoffen, die im Haushalt des organischen Lebens die allerunbedeutendste Rolle spielen.

Auch im Raum ist das organische Leben unendlich beschränkt. Wenn auch einige wenige Organismen befähigt sind, eine Strecke weit senkrecht hinab in den Boden zu dringen, wenn wir Rhizomorphen und andere Pilze in den Stollen unserer Bergwerke wachsen sehen, wenn andere wie die flugbaren Thiere und die vom Winde getragenen Infusorienkapseln und Pflanzensporen hoch in den Luftraum gehoben werden können, so sind das doch unendlich beschränkte Räume gegenüber dem Dickedurchmesser unserer Erde. Nur wie ein Kleid ist das organische Leben um den Körper des Erdballs gegossen, ein dünner Hauch gleich dem Thau auf der Flur: ist es doch gebunden an das gleichzeitige Vorhandensein von Wasser, Luft und Licht: Dinge und Kräfte, die nur auf der Oberfläche der Erde neben einander gefunden werden.

Mangel an Raum und Nahrung allein ist es also, der verhindert, daß das organische Leben im Ueberschäumen alles Unor-

ganische erdrückt, für sich allein, vermöge seiner Organisation ist es der Herr der Erde. Diese innere Kraft, die Macht dieser zart gebauten Dinge, die sie befähigt den starren Fels zu brechen, den Erdball einzuwickeln wie der Rost das Eisen, das ist das zweite Wunder, auf das wir das prüfende Auge des Mikroskops richten.

Das erste Wunder, der zweckentsprechende Bau, in dem wir eine so vollendete Anpassung an die Existenzverhältnisse sehen, hat sich an der Hand des Mikroskops so höchst einfach enträthselt: selbstthätige, mit einfachen Kräften und Fähigkeiten begabte Individuen, die sogenannten Zellen, sind zusammengetreten zur Bildung von Staatswesen, beherrscht von einem Gesetze, dem der Anpassung jedes einzelnen Individuums an die Existenzverhältnisse, die ihm das Staatsganze bietet. Das zweite Wunder findet seine Erklärung durch die Vermehrungsfähigkeit der Zelle. Auf ihr beruht die Macht des organischen Lebens im Ganzen. Das Wesen dieses Vorgangs zu erkennen, jedem einzelnen Geschöpf zu folgen, wie es mit wunderbarer Gewandtheit diese Kraft ansetzt, um selbst noch unter den schwierigsten Verhältnissen seine Gattung und sich selbst zu erhalten, dazu gab es wieder nur ein Werkzeug, das Vergrößerungsglas.

Wachsthum, Zeugung, Fortpflanzung und Entwicklung heißen die Processe, die in der Geschichte des organischen Lebens eine so hervorragende Rolle spielen und ohne deren Kenntniß der Haushalt der Natur uns ewig unverständlich bleiben würde. Ihrer Betrachtung widme ich die nächsten Abschnitte, auch hier wieder ausgehend von den Fähigkeiten der einzelnen Zelle, weil nur sie den Schlüssel bilden für die oft so verwickelten Erscheinungen. Freilich das muß von vorn herein gesagt werden: auch hier ist unser Wissen noch Stückwerk, soviel auch bereits geschehen ist auf diesem dunklen Gebiete. Die Schwierigkeiten der genauen Forschung häufen sich gerade da am allermeisten und wenn man bedenkt, welch geringe Zeit verstrichen ist, seit man sich der Erforschung dieser Dinge zugewendet, so darf man nicht erwarten, daß bereits überall die Leuchte der Wissenschaft aufgesteckt worden ist. Aber trotz der vielen Lücken, die ein gewissen-

hafter Forscher sich keinen Augenblick verheimlicht, ist doch in den zwei letzten Jahrzehnten genug geschehen, um einen Ueberblick auch hierüber zu gewinnen und auf dem Gebiete, von wo Aberglaube und Vorurtheil die reichste Nahrung bezog, dem Wissen eine bleibende Stätte zu gründen.

II.

Das Leben der Zelle.

Es ist nicht meine Absicht den Leser zu tief einzuführen in die Lebensverrichtungen des organischen Individuums, ihn mit allen den chemischen und physikalischen Vorgängen zu behelligen, die wir unter dem Ausdruck Stoffwechsel zusammenfassen, oder ihm alle die Kräfte vorzuführen, die durch diese chemischen Processe gebunden oder befreit werden. Obwohl wir auch hierüber, Dank dem Eifer einer Reihe von Forschern, schon vieles Zusammenhängende wissen, so spielte doch hierbei in der hinter uns liegenden Periode der Naturforschung das Mikroskop keine so hervorragende Rolle. Man experimentirte weniger mit der Zelle, als stellte im Großen Versuche mit Apparaten an, die möglichst genau die physikalischen Verhältnisse im Thierleib wiedergaben. Außerdem waren es eigentlich nur die sogenannten einzelligen Wesen, an denen wir die Lebensverrichtungen der Zelle direct studiren konnten, aber alle die Erfahrungen und Beobachtungen, die an ihnen gemacht wurden, hatten insolange eine beschränkte Bedeutung, als uns die Mittel fehlten, auch die Zellen, welche nur Theile eines zusammengesetzten Organismus bilden, in ungestörter Lebensthätigkeit mit dem Mikroskop zu betrachten. Es ist eine Errungenschaft der allerjüngsten Zeit, daß hierin eine neue Bahn betreten wurde, und ich will dem Leser kurz Einiges darüber mittheilen.

Schon vor einer erklecklichen Anzahl von Jahren haben einige Naturforscher erkannt, daß gewisse niedere Organismen, von denen ich vor Allem die Wurzelfüßer nenne, aus einem eigenthümlichen Stoff bestehen, dem man den Namen Sarkode gab — ich verweise den Leser auf die Schilderung dieser und der verwandten Thiere, die er in den früheren Abschnitten des vorliegenden Werkes findet. — Die merkwürdigen Erscheinungen dieses Stoffes, den man kurzweg eine sich selbst bewegende Flüssigkeit nennen könnte, mit der Fähigkeit der Stoffaufnahme und Abgabe, der Empfindung und Bewegung ausgestattet, wurden bald so aufgefaßt, daß man die Sarkode als eigentlichen lebendigen Grundstoff anerkennen mußte, als den Stoff, der den wesentlichen Bestandtheil jeder lebendigen Zelle bildet. Schon früher hatte man erkannt, daß der Inhalt von manchen Pflanzenzellen eigenthümliche Bewegungen zeigt, denen man den Namen Saftcirculation gab. Die nebenstehende Figur 238 versinnbildlicht diese Bewegungen durch die eingezeichneten Pfeile an den Haarzellen einer Pflanze, der Tradescantia virginica.

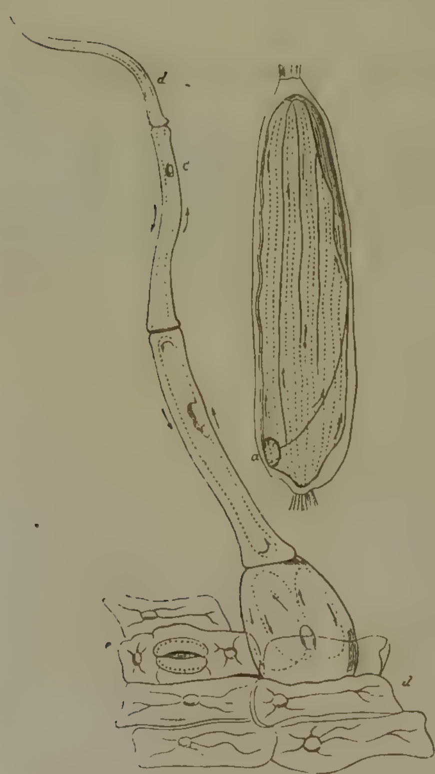


Fig. 238.

Anfangs glaubte man, diese Bewegungen seien eine besondere Eigenthümlichkeit einiger weniger Pflanzen, aber je weiter man sich umsah, um so mehr überzeugte man sich von der Allgemeinheit dieser Erscheinung. Sie hatte sich nur deshalb so lange dem Auge des Mikroskopikers entzogen, weil die mechanischen Eingriffe, die mit der Zurichtung eines mikroskopischen Objects verbunden sind, länger

dauernde Unterbrechungen der Bewegung zur Folge haben. Sobald man aber mit der nöthigen Behutsamkeit vorgeht, so tritt nach kürzerer oder längerer Dauer die unterbrochene Strömung wieder ein. Einen neuen Schritt vorwärts machte die Kenntniß des organischen Lebens, als man zu der Einsicht gelangte, daß die Bewegungen des Zellinhaltes bei den Pflanzen eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Bewegungserscheinungen der Sarkode besitzen. Lag ja doch in der Uebereinstimmung der chemischen Zusammensetzung schon ein Grund zu der Annahme, daß die Sarkode der Wurzelfüßer und das sogenannte Protoplasma der Pflanzenzelle eigentlich eins und dasselbe sei, wenn auch nach den jeweiligen Umständen modificirt. Von allgemeiner Bedeutung konnte diese Erkenntniß aber nur dann werden, wenn es gelang auch an den Zellen der höher organisirten Thiere ähnliche Erscheinungen nachzuweisen. In Betreff dieser lag eigentlich nur die eine Beobachtung vor, daß die sogenannten Blutzellen der wirbellosen Thiere sarkodeähnliche Bewegungen ausführen und daß man auch an den Embryonalzellen wirbelloser Thiere solches wahrnehmen könne, aber man getraute sich nicht allgemeine Folgerungen zu ziehen. In der jüngsten Zeit kam man auf den Gedanken, auch die Zellen des Menschenleibes unter Verhältnissen mit dem Mikroskop zu betrachten, wobei man voraussetzen durfte, daß die beobachteten Veränderungen Lebenserscheinungen und nicht Leichenphänomene seien. Man hatte nämlich an den Wurzelfüßern die Beobachtung gemacht, daß die Temperatur einen wesentlichen Einfluß auf die Bewegungen der Sarkode ausübe und schloß daraus, daß die Temperatur, welcher sich die Zellen während ihres Aufenthaltes im Menschenleibe erfreuen, wesentlich sei zur ungestörten Ausübung ihrer Lebensfunctionen. Diese Vermuthung erwies sich als richtig, als man eine Vorrichtung erfand, mit der man z. B. das Blut des Menschen auf dem Mikroskoptisch in einer Temperatur erhalten kann, die genau der Blutwärme entspricht: die Blutzellen bewegten sich wie die Sarkode der Wurzelfüßer und das Protoplasma der Pflanzenzellen.

So ist jetzt zweierlei für den Fortschritt der Wissenschaft gewonnen. Neben einer Methode, die Lebenserscheinungen der empfindlichen Zellen

höher organisirter Thiere zu beobachten, haben wir die Gewißheit erreicht, daß das, was wir an den leichter zu beobachtenden einzelligen Geschöpfen sahen, eine allgemeinere Bedeutung für das Leben der Zelle überhaupt hat.

Noch ein Umstand ist es, der von entscheidender Wichtigkeit ist für das Leben einer großen Zahl von Zellen. Das Mikroskop hat uns gezeigt, daß es zwei Gruppen von Zellen giebt, die einen nennt man nackt, weil sie im Gegensatz zu den andern kein umhüllendes Häutchen, keine sogenannte Zellmembran besitzen. Solche Zellen sind nichts anderes als ein wandungsloser Sarkodetropfen. Für ihre Lebenserscheinungen ist das, was man an der freien Sarkode beobachtet, allein maßgebend. Für die andere Kategorie, die mit einer Haut versehen sind, kommt eine Reihe von Gesetzen zur Geltung, welche die Physik mit den Worten Endosmose und Exosmose zusammenfaßt. Die Zellhaut ist eine mit Poren versehene Scheidewand zwischen Sarkode und der umgebenden Ernährungsflüssigkeit und da gelten für den Austausch zwischen beiden dieselben Regeln, wie für den Austausch zweier chemisch verschiedenen Flüssigkeiten, wenn sie durch eine poröse Scheidewand getrennt sind.

Wie schon gesagt, für unsere vorliegende Betrachtung können wir all das bei Seite legen, uns interessirt hier zunächst nur die eine capitale Lebenserscheinung, daß die Zelle ein theilungsfähiges Ganzes ist.

Der Leser wird erstaunt fragen, wie man die Zelle in einem Athem ein Individuum, also auf Deutsch etwas Untheilbares und dann wieder ein theilbares Ganzes nennen könne. Es ist richtig, es liegt ein Widerspruch darin und ich bin schuldig ihn zu lösen. Das Wort Individuum hat man gemacht, um die organischen Wesen von der unorganischen Natur unterscheiden zu können. Die Leute, die dieses Wort zum ersten Mal gebrauchten, kannten jene niederen Wesen nicht, kannten namentlich die Zelle nicht, deren Lebenserscheinungen so ganz und gar nicht zu dem Sinne dieses Wortes stimmen, sie beurtheilten die organischen Wesen von einem sehr einseitigen Standpunkt,

indem sie sich selbst, den Menschen, als Repräsentanten der organischen Welt hinstellten. Der ist allerdings in dem Sinne ein Individuum, als er entzweigeschnitten sein Leben verliert oder daß wenigstens nur einer der beiden Theile noch sein Dasein fristen kann.

Aber wie bald hört dies auf, wenn wir herabsteigen zu den niederen Thieren und den Pflanzen! Man schneide einen Regenwurm in zwei Stücke: jedes wird für sich fortleben; man schneide einen Süßwasserpolypen in kleine Theile: jeder wird sich zu einem vollständigen Wesen ergänzen. Bei der Pflanze ist nicht nur jede Knospe fähig vom Mutterboden getrennt weiter zu leben, es giebt welche, bei denen man jedes Blatt in Dutzende von Stücken schneiden kann und aus jedem Bruchstück wird eine neue Pflanze. Oder man betrachte einen Korallenstock, an dem eben soviel Polypchen sitzen als Blätter an einem Baume, alle innig verbunden und doch jedes in seinem Thun und Treiben so selbstständig wie der einzeln lebende Süßwasserpolyp, dem sie in Bau und Lebensverrichtung gleichen.

Was folgt daraus für das Wort Individuum? Es hat einen falschen Sinn, es ist ein schlecht gewähltes Wort, das wir leider aus dem wissenschaftlichen Inventar nicht gut mehr verbannen können. Individuum in dem Sinne, als wäre es ein untheilbares Ganzes, ist kein einziges organisches Wesen und wenn wir heute noch das Wort gebrauchen, so dürfen wir ihm nur folgende Bedeutung unterlegen: es ist ein Einzelwesen, eine gestaltliche Einheit, die eine gewisse Selbstständigkeit der Existenz besitzt, woraus aber niemals gefolgert werden darf, daß sie untheilbar sei.

In diesem Sinne nannte ich die Zelle ein Individuum, sie ist eine gestaltliche Einheit, befähigt unter den entsprechenden Ernährungsverhältnissen sich selbst zu erhalten, aber keineswegs untheilbar. Diese Eigenschaft kommt nur einer Kategorie von Zellen zu, den todten Zellen. Wenn wir den todten Balg einer lufthaltigen Pflanzenmarkzelle zerschneiden, dann bleibt freilich nach der Trennung nichts übrig als zwei halbe Zellen, die weder Form noch Verrichtung der ganzen haben, aber bei jeder lebendigen Zelle geht's wie bei dem Regenwurm:

wenn sie sich theilt, haben wir zwei vollständige Zellen, so gewiß als wir nach der Zerschneidung des Regenwurms nicht zwei halbe Regenwürmer, sondern zwei ganze haben.

Wer die Theilungsfähigkeit der Zelle nicht kennt, dem wird das Wunder, von dem ich im vorigen Abschnitt sprach, ewig ein Wunder bleiben und nicht nur das: auch das Wachsthum der organischen Wesen hört auf ein Räthsel zu sein, wenn wir die Theilungsfähigkeit der Zelle erkannt haben. Diese Erscheinung ist es denn, mit deren Betrachtung wir die Schilderung der Lebensgeschichte der organischen Wesen beginnen wollen.

III.

Zelltheilung.

Es entspricht vielleicht schlecht unserer nüchternen Anschauung der Naturdinge, wenn wir der Zelltheilung eine Art Absichtlichkeit zu Grunde legen, muß doch dem Naturforscher, der sich das Ziel gesetzt hat, Alles, was geschieht, auf einfache chemische und physikalische Wechselwirkung zurückzuführen, ein solch verwickelter physiologischer Begriff so lange abseits liegen bleiben, als er mit natürlichen Ursachen ausreicht. Und doch wähle ich hier das Wort, aber freilich nur als Hilfsmittel, um dem Leser einen Vorgang zu verdeutlichen, dessen natürliche Ursachen — wir müssen dies offen gestehen — noch nicht ermittelt sind.

Ich ersuche den Leser sich das Bild eines kriechenden und fressenden Wurzelfüßers wieder vor die Seele zu rufen, wie seine Sarkode ausströmt zu Scheinfüßchen, um abseits von dem Hauptheerd der Sarkode um irgend einen Beutegegenstand zu einem zweiten Sarkodeklümpchen zusammenzufließen, so daß das Thier jetzt aus zwei Sarkodetropfen besteht, die nur noch durch zarte Fäden zusammenhängen. Wie leicht mag es da geschehen, daß die Anziehungskraft beider gleich

stark wird, daß keines die Neigung besitzt, dem andern zu folgen und sich mit ihm zu vereinigen, daß die Verbindungsfäden reißen und so aus einem Thierchen zwei geworden sind.

Dieser Vorgang, dem wir also eine Art von Absichtlichkeit unterlegen wollen, ist der Typus für die Zelltheilung überhaupt. Wie das Ausfließen der Sarkode nach einem Beutegegenstand die Veranlassung ihrer Theilung in zwei Klümpchen ist, so ist es bei der Zelle zweifelsohne das Nahrungsbedürfniß, das ihre Theilung verursacht. Nur die innigste Berührung der Sarkode mit ihrem Nahrungsmittel ist im Stande, ihre Existenz sicher zu stellen und die ist natürlich um so ausgiebiger, je kleiner das Sarkodetröpfchen ist. Jede Größenzunahme ist der Ernährung schädlich, und um diesem Uebelstand zu entgehen, trennen sich die Theilchen, um unabhängig von einander sich zu ernähren. Es läßt sich diese Erscheinung einigermaßen vergleichen mit der Auswanderung aus übervölkerten Länderstrichen, wo der Boden nicht mehr im Stande ist, alle seine Bewohner zu ernähren.

Man sollte glauben, daß die Theilung der Zelle etwas sehr Einförmiges sei und doch ist dem nicht so. Die Zelltheilung hat die allen solchen elementaren Vorgängen gemeinsame Eigenthümlichkeit, daß die scheinbar unbedeutendsten Abweichungen in ihren Resultaten wesentlich auseinandergehen und wenn im organischen Reiche irgend ein elementarer Vorgang eine sorgfältige bis in's feinste Detail gehende Untersuchung bedarf, so ist es die Zelltheilung. Sie ist der Schlüssel zum Verständniß der Fortpflanzung und Entwicklung und deswegen hoffe ich, daß der Leser meiner Auseinandersetzung einige Aufmerksamkeit schenken werde.

Die einfachste Art der Zellvermehrung ist die Zweitheilung, von der ich bereits Beispiele genug angeführt und auch abgebildet habe (siehe z. B. die Figuren 32 und 46). Aus einer Zelle werden zwei, indem sich zuerst der Kern der Zelle theilt und dann die Sarkode um jeden dieser neuen Kerne in ähnlicher Weise sammelt, wie beim Wurzelfüßer um einen Beutegegenstand.

Man sollte glauben, hier sei keine Variation möglich, hier handle sich's nur darum, daß aus eins zwei wird, und doch ist dem nicht so. Für's Erste ist es nicht gleichgültig, ob die zwei Theile, in welche die Zelle zerfällt, unter einander gleich sind und zwar namentlich dann, wenn die zwei Zellen sich nicht von einander trennen, sondern als Bausteine eines mehrzelligen Geschöpfes mit einander in Verbindung bleiben. Sobald da ungleich große Zellen durch die Theilung entstehen, nimmt der ganze Aufbau eine andere Richtung, die entscheidend ist für die anatomische Zusammensetzung des erwachsenen Thiers. Am schönsten sehen wir diese Ungleichheit der Zellen bei der Theilung der Eier vieler wirbelloser Thiere.

Eine zweite wichtige Modification ist die, wenn zwar der Zellenkern sich vollständig theilt, in der Sarkode dagegen es nicht zur Theilung kommt. So entstehen die langen vielkernigen Muskelfäden der höheren Thiere. Ferner ist von Wichtigkeit, ob die Zweitheilung immer nur in einer bestimmten Ebene erfolgt oder in zwei oder in drei Ebenen. Dies bedingt capitale Verschiedenheiten im Bau zusammengesetzter Wesen. Ohne mathematisch genaue Kenntniß dieser Abweichungen ist ein Verständniß der Entwicklungsgeschichte unmöglich. So gewiß, als die Gestalt eines Hauses abhängig ist von der Lagerung der Bausteine, so sicher hängt die Gestalt des Zellengebäudes ab von Rhythmus und Richtung der Zelltheilung.

Der wichtigste Unterschied für unsere vorliegende Betrachtung ist aber der, ob die zwei durch Theilung entstandenen Zellen sich vollständig von einander trennen, um auf eigene Faust zu leben, oder ob sie mit einander verlöthet werden. Das Erstere führt zur Vermehrung der Individuenzahl, zur sogenannten Fortpflanzung durch Theilung, während der letztere Fall das ist, was wir das Wachsthum der organischen Wesen nennen. Nicht dadurch wächst ein Kind, eine Pflanze, daß die einzelnen Bausteine, aus denen es besteht, größer werden, sondern daß sie sich vermehren. Ursprünglich ist jedes Wesen eine einzige Zelle, indem diese sich fort und fort

theilt, wird aus dem Ei der Embryo und schließlich das erwachsene Geschöpf. Als Beispiel möge hierfür die Entwicklung des Hunde-Eies dienen (Fig. 239). Wir sehen, wie hier die ursprünglich einfache Eizelle (A) durch Theilung zu einem vielzelligen Körper wird. Die weitere Entwicklung und die mannigfachen Gestalt-Veränderungen, denen Thier und Pflanze während ihres Wachsthums im Ganzen und im Einzelnen unterworfen sind, lassen sich darauf zurückführen, daß die Zelltheilung nicht an allen Stellen der Zellcolonie in gleicher Weise und gleicher Schnelligkeit vor sich

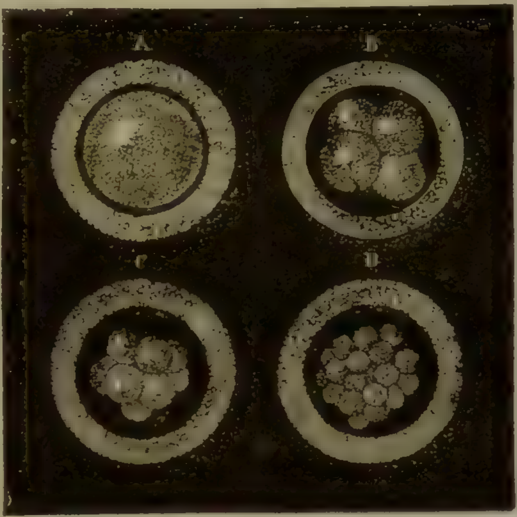


Fig. 239.

geht, daß auch hier, wie im Thier- und Menschenstaate, ein Kampf um's Dasein stattfindet. Während die eine Zelle sich rasch vermehrt und für sich und ihre Nachkommenschaft Raum und Nahrung sich schafft, werden andere erdrückt, getödtet, geknechtet, zu Unfruchtbarkeit verdammt, aus der Lage gerückt, kurz entwickelt sich aus dem idealen Gleichgewichtszustand der ersten Furchungskugeln, in die die Eizelle zerfallen ist, ein Zellstaat, in dem neben allem Glanz und Reichthum alles Elend der Knechtschaft zu finden ist, neben aller Prasserei Mord, Hunger und Tod.

Da ich bei der Schilderung des Baues von Thier und Pflanze an der Hand der Entwicklungsgeschichte vorgegangen bin, so bleibt mir nur noch Weniges über diesen interessanten Proceß nachzuholen. Bei den höheren Thieren und beim Menschen werden nämlich schon in den allerfrühesten Lebensperioden die Gesetze der concentrischen Schichtung, die ich dem Leser schon früher ausführlich als Richtschnur für den allmähligen Aufbau der Organismen geschildert habe, nicht unbeträchtlich gestört.

Ich will es versuchen, den betreffenden Vorgang kurz zu skizzi-

ren. Wenn aus dem Ei ein Haufen von Embryonalzellen geworden ist, so wird dieser aus Gründen, die ich schon früher erwähnte, hohl und die Zellen bilden eine zusammenhängende Lage auf der Innenwand der Eihaut, so daß dieser Entwicklungszustand ein Bild giebt, wie Figur 240 (das halbentwickelte Ei eines Kaninchens). Eine kleine Partie Zellen bleibt als dunkler Haufen im Innern des jetzt blasig gewordenen Eies liegen. Bis hieher gelten noch die Gesetze der concentrischen Differenzirung, außen eine Lage von Rindenzellen, innen ein kleines Häufchen Markzellen, die freilich nicht mehr im Centrum liegen, sondern an der Wand des von den ersteren gebildeten Raums. Jetzt beginnt aber eine einseitige Entwicklung. Nachdem sich die Rindenschicht verdoppelt und das äußere Blatt als zartes Häutchen abgehoben hat, verdickt sich die Rindenzellenschicht an einer umschriebenen kleinen Stelle, indem dort die Zelltheilung rascher vorwärts geht, als im übrigen Umfang. Ein Bild hiervon giebt Figur 241 und zwar in zwei Ansichten. Bei der obern sehen wir den runden sogenannten Keimfleck — so heißt nämlich diese Stelle — von der Fläche, bei der untern bildet er eine hügelförmige Hervorragung über die Oberfläche des Eies.

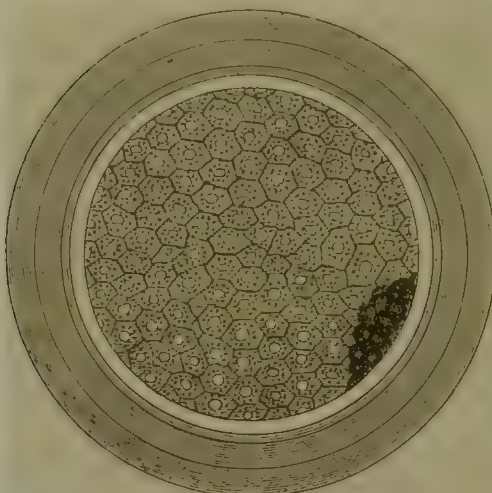


Fig. 240.



Fig. 241.

Verfolgen wir von hier aus die Entwicklung weiter, so finden wir, daß nur der Keimfleck es ist, der zum zukünftigen Thiere wird,

während der übrige Theil der Wandung des Eibläschens sich zu den sogenannten Eihäuten umgestaltet, also zu einem Ding, das bei der Geburt seine Rolle ausgespielt hat und zu Grunde geht. Dem Leser wird es vielleicht verständlicher, was ich hierunter meine, wenn ich ihm sage, daß dies die sogenannte Glückshaut ist, in der manche Menschen geboren werden. Bei der regelrechten Geburt reißt nämlich die Eihaut und das Kind tritt durch den Riß heraus sammt dem Fruchtwasser, das den Sack der Eihaut erfüllte. Die letztere kommt dann erst mit der sogenannten Nachgeburt zum Vorschein. In manchen Fällen jedoch widersteht diese Haut dem Druck, und das Kind wird in seiner natürlichen Umhüllung geboren.

Wie aus dem Keimfleck das junge Thier sich entwickelt, läßt sich zwar Anfangs auch nur mit dem Mikroskope genau verfolgen, diese Schilderung würde uns jedoch zu weit führen, der Leser möge sich begnügen mit der Abbildung einer späteren Entwicklungsstufe, die ich schon oben in Figur 168 gegeben habe. Ebenso wenig will ich mich aufhalten, jenen eigenthümlichen Einsenkungsproceß zu beschreiben, durch den das Kind, das von Haus aus nur eine verdickte Stelle der Eiblase ist, in sie hinein gelangt und von ihr umschlossen wird.

Eine Schilderung der Entwicklungsgeschichte gehört nur soweit der unsichtbaren Welt an, als es sich darum handelt zu zeigen, wie die Grundlage eine Vermehrung der Zellen durch Theilung ist, daß die so entstandenen Zellen nach dem Gesetz der concentrischen Schichtung sich gruppiren und daß dann locale Wucherungen eine Störung der ursprünglich einfachen Kugelgestalt und gleichmäßigen Schichtung erzeugen.

IV.

Vermehrung durch Theilung.

Der durchgreifendste Unterschied in den Resultaten der Zelltheilung besteht, wie schon bemerkt, darin, daß im einen Fall die Theilsprößlinge sich von einander entfernen und ein selbstständiges Leben führen, im andern Fall durch Zellkitt mit einander verbunden bleiben zu einer Zellcolonie. Das letztere nennen wir Entwicklung eines mehrzelligen Wesens oder auch Wachsthum und das letztere ist die Vermehrung durch Theilung.

In ihrer reinsten Form als Zelltheilung finden wir diese Vermehrungsart eigentlich nur bei den einzelligen Wesen, den Infusorien im weiteren Sinne des Wortes, den Stückelalgen, Desmidien ꝛc. und ich kann dabei wohl auf das verweisen, was ich bereits seinerzeit bei der Schilderung dieser mikroskopischen Geschöpfe über ihre Lebensgeschichte mittheilte und durch Abbildungen versinnlichte. Hier will ich nur im Zusammenhange zeigen, wie aus diesem ursprünglich so einfachen Proceß sich allmählig eine Reihe complicirterer Erscheinungen entwickelt, von denen manche den Naturforschern nicht wenig Kopfzerbrechens gemacht haben.

Den einen Fall zeigen uns die sogenannten Palmelleen, jene kleinen einfach gebauten Pflänzchen, denen ich auch früher schon eine Betrachtung gewidmet habe. Nach der Theilung bleiben die Zellen noch längere Zeit durch einen schleimig aufgeschwollenen Zellkitt, in welchem sie mehr oder weniger regelmäßig zerstreut liegen, verbunden. Erst mit der Zeit schmilzt dieser und die Zellen werden frei. Hier ist also auch eine Vermehrung durch Zelltheilung vorhanden, aber ein Zwischenstadium eingeschaltet, in dem die junge Brut eine Zeit lang eine Zellcolonie bildet.

Einige Naturforscher fassen die Sache so auf, daß hier ein

Wechsel stattfinde zwischen einzelligen und vielzelligen Generationen und reihen deshalb diese Art der Fortpflanzung unter das Capitel Generationswechsel ein.

Hieran schließt sich eine Erscheinung, die bis jetzt bei den Schwämmen und den Süßwasserpolypen beobachtet worden ist, — bei den letzteren freilich noch nicht zum Abschluß gebracht. — Beide Thierfamilien sind mehrzellige Geschöpfe, wie ich sie bereits früher beschrieben habe, hervorgegangen durch Theilung der ursprünglichen Eizelle. Unter gewissen Umständen, von denen freilich noch nicht festgestellt ist, ob sie in der Natur regelmäßig wiederkehren, oder ob sie in die Kategorie der sogenannten Zufälligkeiten gehören, löst sich wie bei den Palmelleen der Verband der Zellen, sie zerstreuen sich, um auf eigene Faust zu leben. Während bei den Seeschwämmen vielleicht jede befähigt ist, durch Theilung zu einem neuen Schwamm heranzuwachsen, sterben bei den Süßwasserpolypen die Rindenzellen binnen Kurzem ab und nur die beweglichen Binnenzellen hat man durch geraume Zeit ein Leben fortführen sehen, das zu der Annahme berechtigt, sie werden seinerzeit wieder zu einem neuen Thiere heranwachsen. Ich habe diesem eigenthümlichen Vermehrungsproceß, von dem sich zweifelsohne noch andere Beispiele finden werden, den Namen Vermehrung durch Zerstreuung (Diasporogenesis) gegeben. Er ist insofern interessant, als er uns lehrt, das Leben einer Zelle im Verband mit anderen habe nicht nothwendig ein Aufgeben jeder Selbstständigkeit zur Folge. Wenn auch einzelne davon die Fähigkeit verlieren, außer ihrem Verband mit den anderen zu leben, bewahren sie dagegen andere noch durch längere Zeit.

Der Fall bei den Süßwasserpolypen leitet uns direct zu einer Vermehrungsart, deren Umfang auf der einen Seite immer wächst, während auf der andern Seite ihr Terrain eingeengt wird. Hier ist die Wissenschaft noch im vollen Fluß und es wird noch eine Reihe von Jahren vergehen, ehe für jeden einzelnen Fall genau festgestellt ist, ob man es mit einer noch nicht erkannten geschlechtlichen Fortpflanzung zu thun hat, oder ob wirklich ein ungeschlechtlicher

Vorgang vorliegt, wie ich ihn jetzt beschreiben will. Ich wähle zur Darstellung die Vermehrung der Chaetophora elegans, einer Pflanze, die in die Familie der Wassermoose, der sogenannten Conferven, gehört.



Fig. 242.

In Figur 242 ist ein im Wachsthum begriffener Zweig mit fein verlaufender Endspitze abgebildet und daneben ein zweiter, der an seiner Spitze den erwähnten Fortpflanzungsproceß zeigt. Die Pflanze besteht aus einer Reihe linear geordneter Zellen, von einem gemeinschaftlichen Rohr aus Zellkitt überzogen. Soll die Vermehrung beginnen, so durchbrechen diese Zellen in unregelmäßigen Zeiträumen die umhüllende Röhre, wobei sie eine eiförmige Gestalt annehmen, und an dem spitzeren Ende entwickeln sich vier Flimmerhaare, mit deren Hilfe die jetzt selbstständig gewordene Zelle munter im Wasser umherschwimmt. Nach einer kurzen Schwärmperiode heftet sie sich an irgend einen festen Gegenstand an und wächst durch Theilung zu einem Confervenfaden aus. Die Botaniker haben den frei gewordenen Zellen den Namen Zoospore gegeben und wollten mit dem Wort Spore die Ungeschlechtlichkeit des Vorgangs bezeichnen im Gegensatz zu den auf geschlechtlichem Wege entstehenden Eiern, und mit dem Wort Zoon (das Thier) die freie infusorienartige Bewegung dieser jungen Keime. Die Aehnlichkeit mit der Diasporogenesis der Seeschwämme und Süßwasserpolypen liegt auf der Hand. Hier wie dort lösen sich Zellen, die vorher im Verband mit andern gelebt haben, ab, um ein selbstständiges Leben zu führen, und der Unterschied liegt wohl nur darin, daß bei der Chaetophora nur ein Theil der Zellen sich entfernt, während die andern fortfahren mit einander einen Confervenfaden zu bilden, bei Seeschwämmen und Süßwasser-

polypen ist es dagegen ein allgemeines sauve qui peut, da bleibt nach der Zerstreuung nichts mehr übrig.

Diese Vermehrungsart durch Zoosporenbildung hat man hauptsächlich in der großen Pflanzenfamilie der Algen, sowie bei den Pilzen beobachtet. Da man aber in allen diesen Abtheilungen seit einiger Zeit eine große Zahl von Fällen kennt, in denen die Fortpflanzung auf geschlechtlichem Wege vor sich geht, so liegt natürlich die Vermuthung nahe, es könnten solche Zoosporen junge Samenkörperchen sein, dazu bestimmt Eizellen zu befruchten, anstatt selbst sofort ein neues Wesen zu bilden. Allein andererseits geht aus den Erscheinungen der Diasporogenesis hervor, daß keine principiellen Gründe vorhanden sind, die gegen die Ungeschlechtlichkeit der Zoosporen sprechen.

Von der Production ungeschlechtlicher Zoosporen ist nur ein Schritt zu der sogenannten Parthenogenesis, jenem Proceß, der kurz nach seiner Entdeckung so viel angefochten, nun doch bei einer Reihe von Thieren als unumstößliche Thatsache anerkannt ist. Einer der ersten bekannten Fälle betrifft die Fortpflanzung der Blattläuse. Bei diesen Thieren sind diejenigen Individuen, die im Frühjahr aus den überwinterten Eiern auskriechen, einerlei Geschlechts, wenn man so will, Weibchen, die ohne vorausgegangene Befruchtung durch ein männliches Individuum lebendige Junge zur Welt bringen. Die junge Brut ist wieder nur einerlei Geschlechts und setzt ebenfalls lebendig geborene Junge in die Welt und das wiederholt sich im Lauf des Sommers 7—10 Mal. Erst bei der letzten Generation, die gleichfalls lebendig geboren wird, erscheinen Männchen und Weibchen, von denen die letzteren nach vorangegangener Begattung nun nicht mehr lebendige Junge zur Welt bringen, sondern Eier, die überwintern. Man hat berechnet, daß durch diesen Fortpflanzungsproceß eine einzige Blattlaus im Lauf eines Sommers, vorausgesetzt daß Raum und Nahrung vorhanden wäre und kein Junges zu Grunde ginge, nicht weniger als 10,000 Billionen Individuen erzeugen kann. Es ist demgemäß klar, daß die glückliche Ueberwinterung weniger Eier von den vielen Millionen, die im Herbste gelegt werden, hinreicht,

um nicht nur die Fortdauer der Blattläuse überhaupt zu sichern, sondern selbst genügt, die größte Blattlausepidemie hervorzurufen, wenn die Verhältnisse für die Entwicklung nur einigermaßen günstig sind.



Fig. 243.

Zu dieser Beobachtung gesellte sich bald die weitere, daß auch bei den Bienen eine ungeschlechtliche Vermehrung, eine sogenannte Parthenogenesis vorkommt. Die ersten Eier, welche die Königin legt, sind unbefruchtet, aus ihnen werden die Drohnen, die männlichen Individuen. Erst nach ihrem Erscheinen hält die Königin ihren Befruchtungsausflug und legt jetzt befruchtete Eier, aus denen Königinnen oder Arbeitsbienen hervorkriechen.

Weitere Fälle von Parthenogenesis wurden bei einigen Schmetterlingen beobachtet. Der interessanteste Fall aber, weil er noch in einem andern Punkt gegen die Regel verstößt, ist die ungeschlechtliche Fortpflanzung, die man bei Gallmückenlarven beobachtete.

Man fand nämlich zwischen Rinde und Holz abgehauener Baumstrünke im Win'er Larven von Gallmücken, in deren Innerem zwischen Darm und Leibeswand Maden umherkrochen, die von dem Fettkörper der Larve sich nährten (siehe Fig. 243). Der erste Gedanke war natürlich, daß man es hier mit einem Schmarotzerinsect zu thun habe, das nach Art der Schlupfwespen seine Eier mittelst des Legstachels in die Gallmückenlarve gelegt habe. Für diese Auffassung schien der Erfolg insofern zu sprechen, als in der That die jungen Schmarotzer ihr Wohnungsthier rein ausfraßen und sich endlich durch die Chitinhülle durchbohrten, um in die Freiheit zu gelangen. Allein gegen diese Auffassung sprach die vollständige Uebereinstimmung zwi=

schen der Gallmückenlarve und den in ihr schmarotzenden Jungen und sorgfältig überwachte Züchtungsversuche haben es jetzt über allen Zweifel erhoben, daß man es hier mit einem äußerst merkwürdigen Fortpflanzungsproceß zu thun hat.

Einmal entstehen die Jungen parthenogenetisch d. h. ohne vorangegangene Befruchtung durch ein männliches Individuum. Zweitens — und hierin steht dieser Fall einzig da — haben wir hier eine Fortpflanzung bei einer Larve, während bisher die ausnahmslose Regel die war, daß erst das vollkommene flugbare Insect fortpflanzungsfähig ist. Drittens ist der Fall einer der wenigen Vorkommnisse von Lebendiggebären bei den Insecten und endlich viertens zehrt das junge Thier buchstäblich die Eingeweide seiner Mutter auf.

Doch wie hängt die Parthenogenesis zusammen mit der Zoosporenerzeugung und der Diasporogenesis? Die jungfräuliche Erzeugung ist in der That nichts anderes als die Loslösung einer Zelle aus dem Verband ihrer anderen den Körper zusammensetzenden Schwestern, um sich selbstständig weiter zu entwickeln, ohne daß vorher eine Befruchtung Platz gegriffen hätte. Sie unterscheidet sich von der Diasporogenesis natürlich dadurch, daß nur ein kleiner Theil der Zellen sich loslöst, während die übrigen im ungestörten Verbande, als lebendes Mutterthier zurückbleiben, wie dies auch bei der Zoosporenerzeugung der Wassermoose der Fall ist. Der Unterschied gegenüber diesem letzteren Proceß besteht eigentlich nur darin, daß die sich loslösenden Keime eine bestimmte Gruppe von Zellen im Organismus, eine Art von Eierstock herstellen, während bei den Conserven wohl jede Zelle des ganzen Fadens hierzu befähigt ist, wenigstens unterscheiden sich die zu Zoosporen bestimmten vorher in keiner Weise von den andern.

Der gemeinschaftliche Charakter aller in diesem Abschnitt beschriebenen Vermehrungsvorgänge besteht einmal in der Bildung neuer Zellen durch Theilung, dann in dem Freiwerden dieser Sprößlinge und ihrem Heranwachsen zu einem dem Mutterthiere gleichen Wesen und drittens in der Abwesenheit einer geschlechtlichen Einwirkung auf die freigewordene Zelle.

Dieser zusammenhängenden Reihe ungeschlechtlicher Vermehrungsarten muß noch eine weitere angefügt werden, die eigentlich nicht an das Ende dieser Reihe gehört, sondern sich in ähnlicher Weise an die früher beschriebene Fortpflanzungsart der Palmelleen anschließt, wie es nach einer andern Richtung hin die Diasporogenesis thut.

Ich ersuche den Leser sich die Fortpflanzung der Palmelleen wieder zu vergegenwärtigen. Durch Theilung der ersten Zelle ist eine locker verbundene Zellcolonie entstanden, deren einzelne Glieder sich nach und nach ablösen. Die jetzt zu beschreibende Vermehrungsart besteht nun darin, daß die Zellcolonie nicht ihre einzelnen Individuen entläßt, sondern sich als Ganzes theilt in zwei Hälften, von denen jede wieder ein vielzelliges Wesen ist. Diese Art der Fortpflanzung durch Theilung entspricht also insofern der einfachen Zelltheilung, wie wir sie bei der Vermehrung einzelliger Geschöpfe finden, als nach der Trennung zwei gleiche Hälften vorhanden sind, der Unterschied liegt nur darin, daß das Thier vor und nach der Theilung ein vielzelliges Geschöpf ist.



Fig. 244.

Am häufigsten beobachten wir diesen Theilungsvorgang bei den Korallen. Eine Darstellung davon giebt Figur 244. Das becherförmige Thier, das zuvor einen kreisrunden Querschnitt besaß, bekommt zwei seitliche einander gegenüberliegende Furchen, so daß der Querschnitt die Form einer 8 zeigt, endlich berühren die gegenüberliegenden Wände der Leibeshöhlung einander und verschmelzen, so daß das Korallthier in eine rechte und linke Hälfte zerfällt, deren jede für sich wieder ein vollständiges Wesen ist.

In der bei weitem größern Anzahl der Fälle führt jedoch dieser Proceß nicht zur Herstellung vollkommen getrennter Individuen, die Trennung schreitet nicht bis zur Basis fort. Die Folge ist, daß dort die beiden Thiere noch zusammenhängen und so wird eine baumförmig

veräſtelte Individuencolonie das Schlußreſultat einer mehrfachen Wiederholung dieſes Theilungsacts. Einer Erwähnung werth iſt der Fall, wo dieſe Art der Theilung auf halbem Wege ſtehen bleibt, wo es auf dem Querſchnitt nur zu einer Verlängerung des einen Durchmeſſers, im andern aber nicht zu einer Abſchnürung, ſondern nur zu einer Verkürzung kommt. Das führt dann ſtatt zu einer Vermehrung zu einem fächerartigen Wachsthum. Wir können dies bei einer Abtheilung der Korallen, den ſogenannten Mäandrinen, beobachten.

Hierher gehört noch eine andere Art der Vermehrung durch Theilung, die wir bei verhältnißmäßig hoch organiſirten Weſen, bei einer Abtheilung von Borſtenwürmern finden.

Den Vorgang verſinnlicht die nachſtehende Figur 245. Bei dieſen Würmern, deren Leib aus einer Reihe von Ringen beſteht, ſieht



Fig. 245.

man — oft an mehreren Stellen des Leibes zugleich — zwiſchen zwei Leibesringen eine Wucherung auftreten, die zunächſt den Zuſammenhang des Perigaſtriums aufhebt, dann ſich ſondert in einen Kopfring mit Augen ausgeſtattet, zum Anſchluß an den hinteren Abſchnitt

des Leibes, und in Schwanzringe, die den Schluß des vorderen Abschnittes bilden. Endlich reißt an dieser Stelle der Wurm und jetzt sind aus dem einen Thier zwei geworden.

Damit haben wir die Reihe der ungeschlechtlichen Vermehrungsarten, die auf der Zweitheilung der Zelle beruhen, erschöpft. Auch hier fanden wir nicht eine einfache Reihe nach bestimmter Richtung gehender Modificationen, sondern aus gemeinschaftlichem Stamm entwickeln sich zwei divergirende Reihen, von denen die eine mit der Parthenogenesis aufhört, während die andere mit der Quertheilung der Borstenwürmer endigt. Im folgenden Abschnitt beginnen wir wieder mit einer Lebenserscheinung der Zelle, die zu einer anderen Reihe von Vermehrungsarten führt.

V.

Vermehrung durch Knospung.

Wie wir bei der Zelltheilung zurückgegangen sind auf die Lebenserscheinungen derjenigen Thiere, deren Körper aus hüllenloser Sarkode besteht, müssen wir's auch hier thun, um eine richtige Vorstellung von diesem Processe zu bekommen. Am besten rufen wir uns eine kriechende Amöbe, wie sie Figur 79 uns darstellt, in's Gedächtniß zurück. Der Sarkodetropfen treibt nach mehreren Richtungen Zapfen hervor von verschiedener Länge und Umfang, die in dem Fall der Amöbe allerdings wieder zurückfließen in das Centrum. Denken wir uns aber, daß solche Zapfen nicht mehr verschwinden, sondern an Umfang zunehmen, keulenförmig werden, schließlich eine birnförmige Masse bilden, die mit engem Halse auf dem gemeinschaftlichen Mutterboden aufsitzt, so gehört nur noch eine Zerreißung dieser Brücke dazu, um aus einer Zelle durch sogenannte Knospung mehrere Tochterzellen hervorgehen zu lassen. Am schönsten und reinsten sehen wir diesen Vorgang der Zellknospung bei der Bildung der Eier mancher

niederer Thiere, mancher Muscheln und Würmer (siehe Fig. 246, welche die Eibildung der Venusmuschel darstellt bei starker Vergrößerung).

Auch hier, wie bei der Zelltheilung, wird der Proceß eingeleitet durch eine Theilung des Zellenkerns und in jede Knospe rückt einer der jungen Kerne hinein.


Fig. 246.

Unter den frei lebenden Zellen, bei den sogenannten Infusorien und den einzelligen Pflanzen, finden wir diesen Knospungsproceß der Zelle nur in sehr beschränktem Maaße als eigentliche Vermehrungsart aus Gründen, die sich bis jetzt jeder Beurtheilung entziehen, und es sind eigentlich nur die Fälle, wo durch Knospung die Eier entstehen, für uns eine Berechtigung, die Knospung der einzelnen Zelle den im Folgenden zu beschreibenden Vorkommnissen voranzustellen. Um so häufiger ist die Vermehrung durch Knospung bei mehrzelligen Geschöpfen. Sie verhält sich zur Knospung der Zelle gerade so, wie die Theilung der Korallen zur Theilung der Zelle. Die Veranlassung hierzu ist bei einem mehrzelligen Geschöpf das Uebergewicht, das irgend eine bestimmte Zelle des Körpers über die anderen gewinnt, indem sie rascher als ihre Nachbarn sich theilt und so auf ihrem Mutterboden eine Zellcolonie gründet, die nach der einen oder andern Seite über denselben hervorragt.

Wir haben bei der Zelltheilung gesehen, daß sie einerseits dem Wachsthumsprocesse dient, indem sie die Individuen des Zellstaates vermehrt und andererseits der Fortpflanzung, indem sie neue selbstständige Wesen liefert. Den gleichen Unterschied zeigt uns die Knospung. Wo die durch die Theilung einer einzelnen Zelle entstandene Colonie es nicht zu einer dem Mutterkörper gleichwerthigen concentrischen Schichtung bringt, da bildet sie nur ein Anhängsel des Mutterbodens, das zeitlebens in einem Abhängigkeitsverhältniß zu letzterem steht, das nur ein Werkzeug, ein Organ des Ganzen ist, ohne die Fähigkeit, für sich selbst zu existiren. Diese Fälle haben wir bei

den Capiteln von den Organen abgehandelt und ich ersuche den Leser, sich beispielsweise Figur 185, die Anlage eines Haares, wieder anzusehen. Genau so entstehen die Wurzeln der Pflanzen, die Bewegungsorgane und Drüsen der Thiere.

Wenn aber eine solche örtliche Wucherung einen noch höheren Grad von Selbstständigkeit erlangt, eine concentrische Schichtung desselben Grads, wie die ihres Mutterkörpers und schließlich in Allem und Jedem eine Ausbildung, die es zum Spiegelbild des Wesens macht, an dem es geknospt ist, dann dürfen wir nicht mehr von einem Organ reden, sondern wir sind berechtigt, es ein Individuum zu nennen, und den Vorgang als einen Act der Vermehrung zu verzeichnen. Daß natürlich hier wie nicht leicht wo anders alle möglichen Uebergangsstufen von dem unbedeutendsten Organ bis hinüber zum vollberechtigten Individuum vorkommen werden, liegt in der Natur der Sache, und wenn wir dem für uns so natürlichen Bedürfniß einer systematischen Gliederung folgend eine Grenze ziehen wollen zwischen Organ und Individuum, so giebt es eigentlich nur Eine vernunftgemäße Eintheilung, die sich auf den Grad der concentrischen Differenzirung stützt. Ich meine dies so: Haben wir ein Thier vor uns, dessen Leib aus drei Schichten besteht, so werden wir eine an ihm sitzende Knospe ein Organ nennen, wenn es nur aus einer oder aus zwei Schichten besteht; ist es jedoch aus allen drei Schichten zusammengesetzt, also aus gleichviel wie das Mutterthier, so können wir es ein selbstständiges Wesen, ein Individuum nennen. Aus diesen Gründen sind z. B. die Blätter eines Baumes Individuen. Der höchste Grad von Selbstständigkeit ist natürlich der, wenn die Knospe in Allem und Jedem, also nicht nur in der Schichtung, sondern auch in den Schichtenwucherungen, in Form und Größe dem Mutterthier vollständig gleicht, wie es uns ein Süßwasserpolyp in Fig. 247 zeigt, sondern wenn der Proceß auch damit endet, daß die Knospe, wie beim Süßwasserpolypen, von ihrem Mutterthier sich loslöst und ein selbstständiges Dasein führt. Im letzteren Fall haben wir eine vollständige Vermehrung durch Knospung, im ersteren die Bildung

einer Individuencolonie, so wie es schon bei der Fortpflanzung durch Theilung beschrieben worden ist. Der Kenner wird aus der Beschaffenheit einer solchen Colonie immer leicht ersehen, ob sie durch Knospung entstanden ist oder durch Theilung. Im ersteren Fall zerfällt die Colonie in Mutter- und Tochterthiere, im letzteren sind alle Individuen gleich alt.



Fig. 217.

Die Fortpflanzung durch Knospung ist eine sehr allgemeine. Im Pflanzenreiche spielt sie eine ungeheure Rolle, denn die meisten Pflanzen sind durch Knospung entstandene Individuencolonien. Im Thierreiche beschränkt sich diese Erscheinung auf die niederen Thiere, denen wir aus dieser Ursache schon seit lange her den bezeichnenden Namen Pflanzenthiere beilegen. Von den Schwämmen angefangen bis hinauf zu den bereits mit einem Darm versehenen Moospolypen (Bryozoen), von deren zierlichen Colonien uns die schon früher gegebene Figur 142 ein Bildchen giebt, und den Mantelthieren ist die Fortpflanzung durch Knospung sehr allgemein. Da sie einer der interessantesten entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge ist, so glaube ich, daß der Leser mich entschuldigt, wenn ich etwas über das Gebiet der mikroskopischen Forschung hinausgreife.

Wie schon bemerkt, sind die Resultate der Knospung meistens Individuencolonien. Die Zusammensetzung dieser bietet nun eine Reihe von Modificationen dar, die einer kurzen Schilderung werth sind.

Der einfachste Fall ist der, wo Mutterthier und Knospe ganz gleich sind. Dies trifft zu unter den Thieren bei den Mooskorallen,

unter den Pflanzen z. B. bei den Tangen und den Cactus. Anders gestaltet sich die Sache, wo Mutterwesen und Knospe von einander verschieden sind und da giebt es eine Reihe von Abweichungen, von denen ich die einen hier anführen, die anderen jedoch einem besonderen Abschnitt vorbehalten will.

Die erste Verschiedenheit betrifft die Trennung in Stamm und Individuum.

Von einem Stamm spricht man dann, wenn das Mutterwesen einen anderen Bau besitzt, als die an ihm hervorbrechenden Knospen. Z. B. an einem Baume zeigen die Individuen, die Blätter, wesentliche anatomische Unterschiede gegenüber dem Stamm, an dem sie gewachsen sind, und speciell bei den perennirenden Gewächsen kommt noch der Unterschied im Lebensalter dazu: Der Stamm ist dauernd, die Blätter hinfällig. Unter den Thieren finden wir Beispiele genug für diesen Fall. Eine Anzahl von Hydroidpolypen besitzt einen perennirenden Stamm, der periodisch im Frühjahr die den Blättern des Baumes entsprechenden Polypchen entwickelt, um sie im Herbst wieder zu verlieren. Bei andern dagegen, z. B. den Schwimmpolypen, sind Stamm und Blätter gleich hinfällig.

Bei den Pflanzen unterscheidet man an dem Stamm zwei Abschnitte, den Stamm im engeren Sinn und die Wurzel. Unter den Thieren trifft man diesen Unterschied nur selten und auch da, wo er vorkommt, ist er viel geringer.

Von einer in die Unterlage eindringenden Wurzel können wir eigentlich nur bei einer Gattung von Polypen, den sogenannten Seefedern, reden. Bei den Schwimmpolypen könnte man den Theil, der die Schwimmglocken trägt, Wurzel nennen, da er von dem übrigen Theil sich erheblich unterscheidet. Bei den Hydroiden gestaltet sich dagegen die Sache so: sie haben einen kriechenden Stamm, aus dem aufsteigende Zweige sich erheben. Vielleicht vergleicht man diesen Fall jedoch passender mit denjenigen Pflanzen, welche wie die Erdbeeren einen kriechenden Stamm besitzen, aus dem sich aufrecht stehende Seitenäste erheben. Auch bei den zu den Mollusken gehörigen Man-

telthieren haben wir es mit einer Art von kriechendem Stamm zu thun, aus dem die einzelnen Individuen empor wachsen.

Die reichste Mannigfaltigkeit des Knospungsprocesses betrifft die am Stamm wachsenden Individuen, und da die hier vorkommenden Verhältnisse die Bildung des so geläufigen Wortes Generationswechsel veranlaßten, so will ich ihnen unter diesem Titel einen eigenen Abschnitt widmen, der für den Leser insofern lehrreich sein wird, als er sieht, wie eine ganz alltägliche Erscheinung, an einem fremden Orte gesehen und mit andern Augen betrachtet, eine Confusion anrichtet, für die es kein bezeichnenderes Sprichwort giebt, als das: er sieht den Wald vor Bäumen nicht.

VI.

Generationswechsel.

Dieses Wort verdanken wir Chamisso, der nebenbei gesagt nicht nur ein berühmter Dichter, sondern auch ein tüchtiger Naturforscher war, und sich auf einer Reise um die Welt viel mit dem Studium der niederen Seethiere abgab. In den tropischen Meeren findet sich in großer Menge eine an unseren europäischen Küsten spärlicher vertretene Thiergattung, die sogenannten Salpen, gallertige Geschöpfe, von mitunter beträchtlicher Größe, die wir zu einer Abtheilung der Mollusken, den Mantelthieren, rechnen und die deshalb das Auge nicht nur des Naturforschers auf sich ziehen, weil sie unter den Leuchtthieren des Meeres die gewaltigsten sind. Schon früher unterschied man zwei Gruppen von Salpen, von denen die einen als einzeln lebende Geschöpfe unter schluckenden Bewegungen im Ocean sich umhertreiben, während die anderen eine Colonie von reihenförmig an einander gewachsenen Individuen, sogenannte Salpenketten bilden.

Außer der Verwachsung unterscheiden sich die Individuen der Kette von den frei lebenden durch einige nicht ganz unwesentliche Merkmale.

Chamisso entdeckte, daß die Salpenketten und die frei lebenden Salpen in folgendem entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang stehen:

Bei den einzeln Lebenden sieht man dort, wo bei den Kettenindividuen der Eierstock liegt, einen spiralig sich aufrollenden Zapfen hervorwachsen, der an seinem gewölbten Rande eine fortlaufende Reihe von Knospen trägt. Dieses Gebilde ist die künftige Salpenkette. Wenn die Knospen sich bereits zu jungen Ketteninvividuen mit allen Organen des vollständigen Wesens ausgerüstet entwickelt haben, löst sich der Knospenstock von dem Mutterthier los und wächst in dem Maaße, als die Ketteninvividuen an Größe zunehmen, indem er von ihnen die Nahrung bezieht, zu der oft mehrere Fuß langen Salpenkette aus, die durch die vereinten rhythmischen Stöße der einzelnen Individuen im Meere umher getrieben wird. Bei einer Gattung findet insofern eine Abweichung statt, als der Knospenstock sich nicht von dem Mutterthier loslöst, sondern zeitlebens mit ihm in Verbindung bleibt, selbst dann, wenn die Ketteninvividuen bereits die gleiche Größe wie das Mutterthier erreicht haben.

Die Entstehung der Salpenketten ist also eine ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung und zwar wie gewöhnlich ist das Resultat eine Colonie von Individuen. Eine Zeitlang glaubte man, die einzeln lebenden Salpen entständen dadurch, daß die Kette zerreiße und so die Thiere frei werden. Dem ist aber nicht so. Die frei lebenden Salpen sind eine neue Generation, die sich aus den befruchteten Eiern der Kettensalpen entwickelt, sie sind von Haus aus einzeln lebende Wesen.

Dieser Vermehrungsproceß ist es, bei dem zuerst das Wort Generationswechsel gebraucht wurde. In der That wechseln hier zwei verschiedenartige Generationen mit einander ab, die eine besteht aus Individuencolonien, die andere aus frei lebenden Individuen.

Eine bedeutendere Rolle bekam jedoch das Wort durch den dänischen Naturforscher Steenstrup, der folgende Entdeckung machte:

Man kannte längst jene eigenthümlich gebauten gallertigen Seethiere, die Medusen, die tanzenden Glocken gleich zu gewissen Jahreszeiten in Schwärmen zu Tausenden an den Küsten erscheinen, ohne daß es gelungen war ihre Entwicklungsgeschichte und ihr Herkommen festzustellen. Noch heute nennen sie die Fischer an der Küste des adriatischen Meeres eine krankhafte Ausscheidung des Oceans. Nachdem schon früher einige Naturforscher nahe daran waren, den richtigen Sachverhalt zu finden, war es der eben genannte dänische Naturforscher, der nachwies, daß die kleinen glockenförmigen Auswüchse, die an den zarten in Reihen beisammenstehenden Hydroidpolypenstämmchen hängen, nichts anderes seien als junge Medusen. Er sah, wie sie unter denselben klappenden Bewegungen, die für die erwachsenen Medusen so charakteristisch sind, von den Polypenstöckchen sich losreißen zu selbstständigem Leben.

Als diese Entdeckung gemacht war, erhob sich natürlich die Frage: wie ist dieser Proceß mit andern bei Thieren beobachteten Vorgängen in Einklang zu bringen? Steenstrup griff zu dem Chamisso'schen Namen Generationswechsel, um so mehr, als zu gleicher Zeit bei einigen Eingeweidewürmern ähnliche Erscheinungen beobachtet wurden, die zwar, wie wir später sehen werden, ganz anders zu Stande kommen, aber insofern ein gemeinschaftliches Resultat geben, als man es mit einem Abwechseln verschiedenartiger Generationen zu thun hatte. Doch ehe wir weiter gehen, schließen wir den Kreis. Durch aufmerksame Beobachtung gelang es festzustellen, daß aus den Eiern der frei lebenden Medusen ein Hydroidpolypenbäumchen aufwachse.

Die Entdeckung Steenstrup's erregte großes Aufsehen. Eine Reihe Naturforscher pilgerte mit dem Mikroskop in der Hand zum Meeresufer, durchmusterte emsig die Hydroidpolypenreihen und bald entbrannte ein ziemlich heftiger Federkrieg. Ein belgischer Naturforscher behauptete, die Medusen stünden in gar keinem Zusammenhang mit den Hydroidpolypen, man habe es nur mit einer Umstülpung der Medusen zu thun, wodurch scheinbar ein Polyp hergestellt werde. Weiter erklärten Andere: das, was sich von den Hydroiden

losreiße, werden keine Medusen, sie seien nur Medusen ähnlich, aber in Wahrheit nichts anderes als Eierstöcke, die sich nur dadurch von andern unterscheiden, daß sie nicht im Innern des Körpers liegen, sondern sogenannte äußere Eierstöcke seien. Sie stützten diese Behauptung auf die weitere Entdeckung, daß es Hydroidpolypen giebt, die blos kegelförmige, mit Eiern gefüllte Zapfen an sich hervortreiben und nachdem sie die Eier entlassen haben, verwelken. Allerdings fiel es auf, daß bei einigen Gattungen diese Zapfen an ihrer Basis eine kleine glockenförmige Hülle besitzen, in der sie stecken wie die Eichel in ihrem Schüsselchen und daß dieses Glöckchen den charakteristischen Bau einer Meduseglocke besitzt. Weiter verwirrt wurde die Sache dadurch, daß man Medusen fand, an denen ihnen ganz gleiche Medusen knospen und wieder andere Wesen, in denen man junge Medusen erkennen zu müssen glaubte, die mit keiner Hydroidknospe in Zusammenhang zu bringen waren.

Die letzte Complication entstand, als man an den sogenannten Schwimmpolypen — jenen merkwürdigen oceanischen Geschöpfen, die wie lebendige Guirlanden durch das Meer sich ranken — unter den mannigfaltigen Anhängen, die an ihrem Stamme knospen, ähnliche Eiersäckchen in einer kleinen Meduseglocke sitzen sah, wie ich sie oben von den Hydroiden beschrieb, und zum Schluß machten einige Naturforscher darauf aufmerksam, daß die an dem obern Ende des Schwimmpolypenstockes sitzenden sogenannten Schwimmglocken, durch deren klappende Bewegungen diese lebendige Guirlande weiter bewegt wird, einer Meduseglocke ohne Mittelzapfen gleichen. Kurz die Confusion schien mit einer Art babylonischer Sprachverwirrung zu endigen, bei der man sich darüber stritt, was ein Individuum ist und was ein Organ, was eine Generation und was keine, und Niemand kam auf das rettende Wort, daß hier ganz der gleiche Proceß vorliege, den jedes Kind bei den Pflanzen schon längst kennt: Diese Pflanzenthiere tragen Blüthen, wie es die Bäume thun. —

Der Sachverhalt ist nämlich einfach folgender: Die Hydroiden

und Schwimmpolypen sind zwei Modificationen eines und desselben Thiertypus, Thiercolonien mit Stamm und Individuen, die sich dadurch unterscheiden, daß der Stamm der Hydroiden festsitzt an Steinen und Pflanzen, während der der Schwimmpolypen in seinem freien Wurzelende eine Luftblase trägt, die ihn im Meere schwebend erhält. Der Stamm beider entspricht dem Stamme einer Pflanze und die Polypchen, die er trägt, den Blättern. So weit wäre die Sache einfach. Wie aber verhält es sich mit den so viel besprochenen Medusen? Die sind nichts anderes als die Blüthen des Pflanzenthiers. Daß dem so ist, geht aus ihrer fast vollkommenen Uebereinstimmung in Bau und Lebensgeschichte hervor. Figur 248 zeigt uns einen Hydroidpolypen, an dessen Körper vier Medusenknospen sitzen, in verschiedenen Graden der Entwicklung. Eine der Knospen b ist in n abgebildet, wie sie sich en face ausnimmt. Man erkennt da, daß sie aus vier Theilen zusammengesetzt ist, die im Kreise verwachsen sind. Aus ihnen entsteht die Glocke gerade so, wie aus fünf verwachsenen Blumenblättern ein Blüthenkelch sich bildet. Entsprechend der Mittelrippe eines Pflanzenblattes haben wir bei der Meduse in jedem der vier Theile der Glocke einen Hohlcanal, der mit der Röhre des Hydroidstammes communicirt. Wie nun im Grunde des Blüthenkelchs der Pistill sich erhebt, in dessen Wurzeltheil die Samen reifen, so wächst aus dem Grunde der Medusenglocke ein Mittelzapfen empor, in dem die Geschlechtsproducte reifen.



Fig. 248.

Suchen wir nun nach dem Fall, der den Blüthen der Pflanzen in Bezug auf die Lebensgeschichte am meisten entspricht, so sind es wohl diejenigen Hydroiden und die Schwimmpolypen, bei denen die

Medusenknospe am Stamme sitzen bleibt und erst nach Ausbildung der Samen gleich der reifen Frucht vom Baume fällt, um sterbend die Samen zu entlassen. Gehen wir zu den Schwimmglocken der Schwimmpolypen, denen der samentragende Mittelzapfen fehlt, so haben wir offenbar eine sogenannte geschlechtslose Blüthe vor uns, wie wir sie bei den Hortensien, Schneeballen und anderen Doldengewächsen längst kennen. Wenden wir uns auf der anderen Seite zu denjenigen Hydroidpolypen, die einen einfachen Eierzapfen ohne Medusenglocke besitzen, so haben wir hier nur das Gleiche, was uns unsere einheimische Wolfsmilch zeigt, eine Blüthe ohne Hüllorgane, ohne Kelch und Blumenblätter. „Ja gut," höre ich den Leser fragen: „wie verhält es sich aber mit den frei lebenden Medusen?" Je nun, das sind eben frei lebende Thierblüthen, was an und für sich gar nichts Wunderbares ist. Eine abgeschnittene Blume, in's Wasser gestellt, kann ja auch mehrere Tage leben und daß sich eine Thierblume bewegt, ist nicht mehr und nicht weniger wunderbar, als daß ein Polypenstrauch sich bewegt, während ein Baum dies nicht thun kann.

„Aber die frei gewordene Meduse frißt und wächst." Auch die abgeschnittene Blume kann noch wachsen und sich entfalten, und der Unterschied zwischen dem Fressen einer Meduse und der Nahrungsaufnahme einer abgeschnittenen Blume ist der gleiche, wie zwischen dem Fressen des Polypen und der Nahrungsaufnahme eines Pflanzenblattes.

Doch gehen wir weiter in der Ermittlung der Lebensgeschichte. Wie aus dem Samen, den die Blüthe ausstreut, nicht unmittelbar wieder eine Blüthe keimt, sondern zunächst ein Baum mit Blättern, so wächst aus dem Ei der Meduse erst ein Hydroidenstock mit Polypen in die Höhe. Wie die Pflanze im Frühjahr ihre Blüthe treibt, so knospt im Frühjahr die Meduse, und wie der Baum im Herbst seine Blätter abwirft, so sterben am Hydroidenstock im Herbst die Polypen; nur der Stamm bleibt bei beiden über den Winter lebendig, um im Frühjahr wieder neue Blätter und Blüthen zu treiben.

„Doch noch eins!“ wird vielleicht ein aufmerksamer Leser fragen, „wo sind die Staubfäden der Meduse?“ Das kommt bei den Medusen nicht vor. Sie haben nur einen Mittelzapfen, in dem bei den einen Eier sich entwickeln, während bei den andern am gleichen Orte Samenfäden reifen. Aber finden wir denn nicht dasselbe auch bei Pflanzen? Beim Hanf, der Zaunrebe, dem Nußbaum und anderen sind ja auch männliche und weibliche Geschlechtsorgane nicht in einer Blüthe beisammen. Während die einen nur ein Ovarium besitzen, haben die andern nur Staubfäden. Der Vergleich hinkt also nach keiner Seite, der Schlüssel für den so vielfach besprochenen Generationswechsel der Medusen ist der alltäglich zu beobachtende Vorgang des Blüthentragens der Pflanzen und deshalb habe ich vorgeschlagen, das einer so weiten Deutung fähige Wort Generationswechsel hier zu vermeiden und durch das Wort Anthogenesis oder Blüthenbildung zu ersetzen.



Fig. 249.

Zur Vervollständigung dieser Darstellung will ich am Schluß dieses Abschnittes zuerst eine Abbildung eines Hydroidpolypen, einer Campanularia geben (Fig. 249). ga ist der Stamm, b eine junge unentwickelte Polypenknospe, c ein Polyp in seiner becherförmigen Hornhülle mit dem halb entfalteten Fangarmkranz (d), zwischen dem der kolbige Mundfortsatz sitzt, und d in e sehen wir einen in seiner Entwicklung zurückgebliebenen Polypen, an dem innerhalb der hornigen Umhüllung Medusenknospen sitzen. Sie gehören nicht zu denen, die später frei werdend zu Medusen heranwachsen, sie verhalten sich wie die Blüthe einer Pflanze: nachdem sie die Hornhülle durchbrochen und sich entfaltet, entlassen sie die reifen Eier und sterben ab.

Das Letzte, was jetzt noch zu erwähnen wäre, ist die eigenthümliche Zusammensetzung der Schwimmpolypen. Sie zeigen eine Vielgestaltigkeit der Individuen, wie wir sie in der Pflanzenwelt nur selten beisammen finden. Die Schwimmglocken als Analogon der geschlechtslosen Blüthen haben wir schon genannt, desgleichen die geschlechtlichen Blüthen, die auf gemeinsamem Stiele beisammen sitzen wie die Blüthen einer Traube. Hiezu kommen die den Blättern entsprechenden Polypenindividuen mit offenem Munde, als nächste Verwandte ganz ähnlich geformte aber geschlossene Individuen, endlich da, wo die ersteren vom Stamme entspringen, blattähnliche Individuen, die wir nach Lage und Gestalt den Deckblättern einer Pflanze vergleichen können, und zum Schluß die den Ranken unserer Schlinggewächse entsprechenden langen beweglichen Fäden, die an ihrem Ende entsprechend den Haftapparaten der Pflanzenranken Polster aus großen Nesselzellen tragen. Eine Abbildung hiervon siehe Figur 8 der ersten Lieferung. Dieser eigenthümliche Bau berechtigt uns die Schwimmpolypen für die pflanzenähnlichsten aller Thiere zu erklären.

Selbstverständlich ist hier nicht der Ort, aus dieser merkwürdigen Parallelität zwischen Thier- und Pflanzenreich weitere Schlüsse zu ziehen; der Leser, der gewohnt ist, die Thatsachen nicht einfach hinzunehmen wie sie sind, sondern über den inneren Zusammenhang nachzudenken, wird gewiß darin etwas mehr erblicken als eine Zufälligkeit.

VII.

Vermehrung und Umwandlung.

Eine der schönsten Arbeiten deutschen Fleißes sind die Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Stachelhäuter — der Seeigel, Seesterne und Holothurien —. Das Thatsächliche besteht darin, daß auch hier das junge Geschöpf, welches aus dem Ei sich

entwickelt, nicht durch stetiges Wachsthum in den Zustand der Geschlechtsreife gelangt. Allein während bei den Holothurien die Umwandlung nahezu übereinstimmt mit der bekannten Metamorphose der Insecten, zeigen die meisten Seesterne und Seeigel eine Umwandlung, der man im Allgemeinen den Namen Generationswechsel, genauer den Namen der Blüthenbildung geben kann.

Figur 250 zeigt uns in drei Ansichten die Entwicklung des Seeigels: I ist die aus dem befruchteten Ei hervorgegangene frei schwimmende Larve des Seeigels mit ihren vier aufwärts gerichteten Mundstäben; zwischen den vorderen (b) sieht man die Mundöffnung (k), den Magen (l) und die langen Kalkstäbchen, welche in eigenthümlicher Anordnung das zarte Thierchen stützen. In II, das einen späteren Entwicklungszustand vorstellt, hat sich die Gestalt der Larve einigermaßen geändert: Im Allgemeinen besitzt sie noch die Gestalt einer umgekehrten Pickelhaube, die am Rand in paarige Fortsätze ausgezogen ist, allein es haben sich einmal die sogenannten Wimperepauletten (r) daran entwickelt und da das Thier etwas von der Seite gezeichnet ist, so sieht man den hervorgewölbten After. Die wichtigste neue Erscheinung aber ist das kleine Sternchen (q), das zwischen Leibeswand und Magen auf dem letzteren liegend erschienen ist; es ist die Embryonalanlage für den jungen Seeigel. Indem sie weiter



Fig. 250.

wächst, durchbricht sie allmählig die Leibeswand der Larve und ragt mit einer Art von Knospe an ihr hervor. Das Verhältniß des jungen Seeigels zu der Larve ist ganz eigenthümlich: während die Leibeswand der letzteren allmählig durchbrochen und zerstört wird, umwächst die Seeigelanlage den Magen der Larve, ihn in ihr Inneres aufnehmend, so daß er zum Magen des künftigen Seeigels wird. Andere Theile der Larve bleiben noch längere Zeit lebendig, nachdem der Seeigel bereits eine verhältnißmäßig bedeutende Größe erreicht und wie bei III seine Stacheln (t), seine Saugfüßchen (n) und die Fangzangen (w) aus sich hervorgetrieben hat. Hier sind von der Larve noch die Wimperepauletten, der Mundschirm mit dem Mund (k) und einige Kalkstäbe (b) vorhanden. Allmählig stirbt die Larve ab. Stück um Stück geht von ihr verloren, und nur die unverweslichen Kalkstäbe sieht man manchmal noch längere Zeit zwischen den mannigfaltigen Bewegungsorganen des jungen Seeigels hängen.

Bei einigen Seesternen ist die Larve ein selbstständigeres Wesen, als wir dies so eben beim Seeigel gesehen haben. Das Verhältniß zwischen ihr und dem jungen Stern können wir ohne Weiteres mit demselben Wort bezeichnen, wie den Generationswechsel der Medusen: denn wie Figur 251 Seite 491 zeigt, sitzt an der Larve mit ihren eigenthümlich gestalteten Schwimmlappen der Seestern (s), wie die Blume an der Pflanze, jedes ist ein Wesen für sich und nach erfolgter Trennung des Sterns lebt die Larve fort, vielleicht um einen neuen Stern an sich knospen zu lassen. Dem gegenüber steht die Entwicklungsgeschichte einer andern Gruppe von Seesternen, bei welchen gar kein Larvenstadium vorkommt; die einzige Andeutung, die auf einen einstigen Zusammenhang mit Entwicklung durch Larve hinweist, ist das Vorhandensein einiger vorübergehender Haftapparate, die ganz außerhalb des Bauplanes vom künftigen Seeigel stehen.

Bei den Holothurien endlich ist selbst diese Andeutung verschwunden. Allerdings haben wir eine vom Mutterthier ziemlich verschiedene Larve, die Umwandlung erfolgt aber fast genau so, wie sich innerhalb der Puppe der Schmetterling entwickelt.

Es ist hier die beste Gelegenheit, Einiges über die mikroskopischen Vorgänge bei der Metamorphose der Insecten anzufügen und dann zu zeigen, in welchem Zusammenhang sie mit den so eben gekennzeichneten Entwicklungsvorgängen der Stachelhäuter steht.

Um die Metamorphose des Insects zu verstehen, ersuche ich den Leser sich zu vergegenwärtigen, daß der Körper dieser Thiere aus dem sogenannten Hautmuskelschlauch (kurzweg Leibeswand) und dem Darmschlauch besteht, beide getrennt durch das Perigastrium, in welchem die Systeme liegen und der sogenannte Fettkörper (siehe oben Seite 390). Bekanntlich unterscheidet sich die Larve von dem ausgebildeten Insect dadurch, daß sie aus nahezu gleichartigen Ringen besteht — den sogenannten Segmenten oder Leibesringen —, während bei dem vollkommenen Insect die Segmente nicht nur wesentlich verschieden sind von einander, sondern auch ein Theil derselben zusammentritt zur Bildung sogenannter Segmentgruppen. Eine solche ist z. B. die Brust, die die Flügel und Beine trägt, sie ist entstanden durch die Verwachsung dreier Segmente. Das Gleiche gilt vom Kopf. Nur der dritte Abschnitt, der sogenannte Bauch, an dem wir die Ringeln noch sehr leicht wahrnehmen, trägt den wurmförmigen Charakter, den wir Morphologen eine Segmentreihe nennen, weil die einzelnen Ringeln eben noch getrennt sind und nur unbedeutend von einander sich unterscheiden. Aus diesem Sachverhalt dürfen wir schließen, daß die tiefgreifendsten Umänderungen bei der Metamorphose in den zwei vordern Abschnitten des Leibes eintreten müssen. Bis jetzt kennen wir die feineren mikroskopischen Vorgänge nur bei einer verhältnißmäßig geringen Zahl von Insecten, da ihre Untersuchung mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft ist. Doch konnte man zwei Typen feststellen, die nur insofern mit einander übereinstimmen, als die Nerven und die Luftgefäße die Leiter des ganzen Processes sind.

Bei derjenigen Umwandlung, die sich am wenigsten von den einfachen Wachsthumsvorgängen unterscheidet, entstehen die Gebilde, durch welche das vollkommene Insect von der Larve sich unterscheidet — die Flügel, Füße, Kiefer, Fühlhörner rc., kurz die ganze Reihe

der Bewegungsorgane —, als örtliche Wucherungen der Oberhaut und zwar wie gesagt beginnen sie da, wo ein Nerv sich an sie ansetzt. Wo die starre Chitinhaut einen Widerstand leistet, der von diesen örtlichen Wucherungen nicht gebrochen werden kann, stülpen sich dieselben in's Innere des Leibes ein oder schieben sich zwischen Epidermis und Chitinhaut hinein; zu ihrer Entfaltung kommen sie erst dann, wenn die letztere reißt und das Insect aus der Puppenhülle hervorkriecht. Bei dieser Entwicklungsart gehen die inneren Organe der Larve unter stetiger Umänderung ihrer Gestalt über in die des vollkommenen Insectes.

Der andere Typus der Metamorphose ist mit tieferen Störungen verbunden. Dort bilden sich im Perigastrium um bestimmte Nerven und Tracheen völlig neue plättchenförmige Zellhaufen, die sogenannten Imaginalscheiben; ursprünglich von einander getrennt, berühren sie sich allmählig mit ihren Rändern, um verschmelzend den Leib des vollständigen Insects herzustellen. Hierbei werden sämmtliche Organe der Larve zerstört und die Neubildung der Organe des vollkommenen Insects geschieht großentheils durch die Zellen des sogenannten Fettkörpers. Es ist jedoch hierbei zu bemerken, daß diese totale Umwandlung sich nie über den hintern Abschnitt des Leibes, das sogenannte Abdomen erstreckt, sondern nur im Bereich von Kopf und Brust erfolgt.

Suchen wir nun nach dem inneren Zusammenhang aller bisher beschriebenen Processe, so müssen wir zunächst eine Vergleichung anstellen mit dem so scharf charakterisirten Proceß der Blüthenbildung bei den Medusen und phanerogamen Pflanzen.

Der durchgreifendste Unterschied zwischen diesem Proceß und dem so eben bei Stachelhäutern und Insecten beschriebenen Vorgange wird veranlaßt durch den differenten Bau Beider. Die blüthentragenden Organismen besitzen jene Trennung des Leibes in Leibeswand und Darmschlauch nicht, jede örtliche Zellwucherung hat bei ihnen keinen andern Ausweg, als auf die Oberfläche des Körpers hervorzubrechen, als Knospe außen an ihm zu erscheinen. Anders wo Darm und Leibeswand durch einen Raum getrennt sind, der, wie ich schon früher

sagte, so günstige Bedingungen für selbstständiges Zellleben enthält. Dort können örtliche Zellwucherungen auftreten, die dem übrigen Organismus gegenüber die Rolle eines neuen Wesens übernehmen können. Am vollendetsten sehen wir dies bei der Entwicklung des Seeigels aus seiner Larve. Zwischen Leibeswand und Darm entsteht eine aus jungen Zellen zusammengesetzte Scheibe, die zu einem ganz neuen Geschöpf heranwächst. Daß es beim Seeigel zu einem knospenartigen Hervorbrechen kommt, ist natürlich, weil im Innern der winzigen Larve kein Platz zur Entfaltung ist. Eben so natürlich ist die Zerstörung der Larve. Wenn sie dem Wachsthum dieser so zu sagen parasitischen Bildung, wie es der junge Seeigel ist, nicht nachkommt aus Mangel an Nahrungszufuhr, so muß sie schließlich dahin welken; hält sie aber eine Zeitlang Stand, d. h. wächst sie in gleichem Maaße, wie das Echinoderm, dann haben wir das Verhältniß, wie es uns die nebenanstehende Figur 251 zeigt: eine lebenskräftige Larve, an welcher der aus dem Perigastrium hervorgebrochene Seestern unten gerade so hängt, wie eine Blüthe an ihrem Pflanzenstock. Es wird hier fast ganz dasselbe Verhältniß hergestellt, wie bei der Anthogenesis, und wenn einige Naturforscher vermuthen, daß die in Figur 251 abgebildete Bipennaria nach Abtrennung des Seesterns fortlebt und vielleicht neue Seesternknospen treibt, so hat dies sehr viel innere Wahrscheinlichkeit.



Fig. 251.

Auf der andern Seite führt der Knospungsproceß im Perigastrium zur Metamorphose und zwar dann, wenn die räumlichen Verhältnisse der Larve einer Entfaltung zwischen Leibeswand und Darm den nöthigen Spielraum gewähren, mit andern Worten, wenn die Larve groß genug ist, um das, was in ihrem Perigastrium knospt, zu beherbergen.

Das Gemeinschaftliche bei den Entwicklungsvorgängen der Insecten und Stachelhäuter besteht also in dem Auftreten einer localen Wucherung im Perigastrium, die Unterschiede darin, daß im einen Fall der Vorgang innerhalb des Perigastriums verläuft, im andern Fall das Neue als Knospe nach außen durchbricht. Wir können auch noch auf das Warum dieses Unterschieds antworten: bei den Stachelhäutern erfolgt die Unterbrechung des stetigen Wachsthums sehr früh, so lange die Larve noch mikroskopisch klein ist, beim Insect ist die Metamorphose der Schlußstein des ganzen Lebensprocesses, wenn das Thier bereits seine volle Größe erreicht hat.

Werfen wir jetzt noch einmal einen Blick auf die Anthogenesis der Pflanzen und Pflanzenthiere, so finden wir trotz der Verschiedenheit doch einen inneren Zusammenhang zwischen ihr und den Vorgängen bei Insect und Stachelhäuter und zwar darin, daß die Zelle, von welcher die locale Wucherung ausgeht, immer eine sogenannte Binnenzelle ist und nicht eine der Rinde angehörige. Es kommt also im Grunde genommen Alles hinaus auf die Emancipation einer Binnenzelle zu höherer Selbstständigkeit, gesteigerter Vermehrungsthätigkeit und Unterschiede entwickeln sich in der Folge nur deshalb, weil die Verhältnisse, unter denen diese Zelle und ihre Nachkommenschaft zu leben gezwungen ist, verschiedenartige sind.

Zum Schluß ist nur noch darauf aufmerksam zu machen, daß nicht in jedem Fall eine Vermehrung der Individuenzahl die Folge ist. Bei der Anthogenesis entstehen zahlreiche neue Wesen, die entweder frei werden oder zu einer Individuencolonie verbunden bleiben. Bei den Stachelhäutern sinkt diese Vermehrung zunächst darauf herab, daß an der Larve ein neues Individuum knospt, so daß also nach Abtrennung derselben aus einem Thier zwei geworden sind. Beim Seeigel, wo die Larve noch vor der Trennung stirbt, ist nur vorübergehend eine Art Doppelindividuum vorhanden, und schließlich beim Insect ist von einer Vermehrung der Individuenzahl gar keine Rede mehr. Damit haben wir die zweite Reihe der organischen Processe zum Abschluß gebracht, die der Vermehrung und Erhaltung der Ein-

zelwesen dienen. Die erste Reihe war die, welche mit der Zelltheilung begann und mit der Parthenogenesis endete, die zweite begann mit der Zellknospung und endete mit der Metamorphose.

Wir haben gesehen, wie immer ein und derselbe elementare Vorgang zu einer Reihe verschiedenartiger Resultate führte je nach den Verhältnissen, unter welchen er statt hatte und ich glaube, daß der Leser, der diese Vorgänge zusammenhält mit dem, was ich über den Bau des Thier- und Pflanzenkörpers gesagt habe, darin einen neuen und vielleicht den stärksten Beweis finden wird, daß das ganze Räthsel des organischen Lebens in der Zusammensetzung aus selbstständigen Elementarorganismen, den sogenannten Zellen, zu suchen ist. Er wird in allen Fällen sich überzeugt haben, daß die Vorgänge des Wachsthums, der Entwicklung, der Vermehrung, die Eigenthümlichkeiten in der Gruppirung der Zellen zu einem staatlich organisirten Ganzen sich einfach so erklären: jede Zelle besitzt einen verhältnißmäßig sehr bedeutenden Spielraum für ihre chemische, physikalische und gestaltliche Veränderung und ob sie den einen oder den andern Weg einschlägt, zum einen oder andern Ziel gelangt, Baustein wird oder ein neues Individuum, hängt fast ausschließlich ab von den Ernährungsverhältnissen, unter denen sie lebt.

VIII.

Sporung.

Im Vorhergehenden haben wir dem Wesen nach alle sogenannten ungeschlechtlichen Vermehrungsarten beschrieben und gezeigt, wie sie einerseits übergehen in die gewöhnlichen Wachsthumsprocesse, und andererseits haben wir aus ihnen die bekannte Erscheinung der Me-

tamorphose entwickelt. Wenn ich hier unter dem Titel Sporung noch einige Vermehrungsvorgänge des Pflanzenreichs schildere, so geschieht es theils, um das Wort Sporung zu kennzeichnen, theils um einiges Zusammenhängende über die Samenbildung zu sagen, theils weil die speciellen Fälle an und für sich interessant sind. Das Wort Spore gebraucht Zoologie und Botanik und zwar vorzugsweise die letztere für alle einzelligen Keime neuer Organismen, die zu solchen werden, ohne zuvor dem Befruchtungsproceß unterworfen werden zu müssen. Es gehören also alle oben beschriebenen ungeschlechtlichen Vermehrungsarten hierher, bei welchen das, was sich vom mütterlichen Organismus losreißt, eine einzige Zelle ist. Daß man auf die Einzelligkeit des Keims ein so hohes Gewicht legt, kommt davon her, daß bei einer Reihe von Pflanzen die Vermehrung durch Sporen eine so hervorragende Rolle spielt. Unter ihnen stehen obenan die Pilze, die ja überhaupt, wie ich schon an dem Beispiel vom Schimmel zeigte, eine ganz unglaubliche Vermehrungsfähigkeit besitzen und die Erscheinung, die man Generationswechsel nennt, in dem allerausgedehntesten Maaßstabe aufzuweisen haben. Ich will hier kurz anführen, unter welcher Form die Sporenbildung bei den Pilzen auftritt.

Wie ich bereits früher bemerkte, bestehen diese Organismen aus Fadenzellen, die nur in den Pilzfrüchten zu einem dichteren Gewebe zusammentreten. Die gewöhnlichste Art der Sporenbildung ist nun die, daß die Fadenzellen da, wo sie nicht schon von Haus aus gegliedert sind, es werden, und dann jedes Glied die Bedeutung einer Spore gewinnt. Solche Sporen bilden dann kettenförmige Reihen, wie wir es beispielsweise in Figur 252 bei dem Rostpilz der Berberize sehen. Die sporenbildenden Fäden brechen hier büschelförmig durch die Blattoberfläche durch, und indem die äußersten dicht sich zusammenlegen und erst zuletzt zerfallen, bilden sie eine Art von Becherchen, in denen die Sporenketten stehen. Die Becherchen selbst sieht man auf den gelben Rostflecken gerade noch mit bloßem Auge. Die Figur stellt einen Längsschnitt eines solchen vor. Der technische

Ausdruck für so entstandene Sporen ist Stylospore. Am leichtesten kann man die Sporenketten bei dem Pinselschimmel sehen.

In anderen Fällen schwillt das Ende des Pilzfadens kolbig an, der Endkolben trennt sich durch eine Scheidewand und jetzt zerfällt

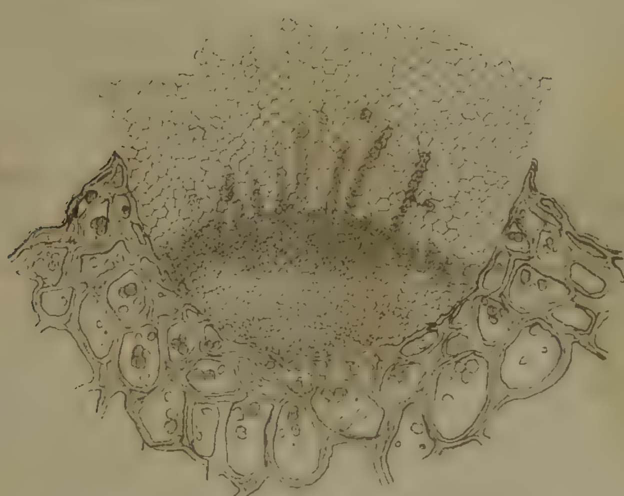


Fig. 252

das Protoplasma in seinem Innern in eine größere Anzahl kleiner Kugeln, die durch Bersten der Hülle frei werden. So entstandene Sporen nennt man Thekasporen oder Kapselsporen und die Zelle, in der sie entstanden, Sporenmutterzelle. Ein Beispiel hierfür liefert der Kopfschimmel.

Eine dritte Art von Pilzsporen hat man mit dem Namen Conidien bezeichnet. Der Proceß, mittelst dessen sie entstehen, entspricht der Zellknospung. Sie sind Auswüchse der Sporenmutterzelle, die gestielt werden und durch Reißen des Stiels zur Freiheit gelangen. So entstehen die Sporen der Hutpilze (siehe Fig. 253), bei denen gewöhnlich eine bestimmte Anzahl, z. B. hier vier, auf einer Mutterzelle, der sogenannten Basidie steht. Den Entwicklungsproceß derselben zeigt die Abbildung in der Reihenfolge A—D. Die Sporen entstehen bei den Pilzen entweder äußerlich, wie bei allen Schimmel-, Rost- und Hutpilzen oder im Innern der Pilzfrucht, wie bei den Staubpilzen — den sogenannten Hexenbeuteln. — Eine Abbildung

der Sporen und des sogenannten Capillitiums findet der Leser auf der schon früher gegebenen Figur 121 Seite 183.

Während bei den Pilzen die Erzeugung der Sporen eine Fähigkeit der meisten, vielleicht aller Fadenzellen ist, sehen wir sie bei den Farrenkräutern an bestimmte Organe des Wedels gebunden. Auf der Rückseite stehen gruppenweise beisammen auf kleinen zierlichen Stielen Kapseln, bestehend aus abgeplatteten Zellen, in deren Innerem die Sporen liegen. Durch Einreißen derselben werden die Sporen frei. Figur 254 A zeigt eine Gruppe von Sporenkapseln — einen sogenannten Sorus — mit ihrer trichterförmigen Hülle von Deparia prolifera.



Fig. 253.

Bei den Schachtelhalmen sind die Sporenkapseln an der Spitze des Halms zusammengruppirt und die Sporen selbst besitzen zwei Paare elastischer Haare, die ihrer Bildung nach wahrscheinlich nichts anderes sind als Spiralfasern der Sporenmutterzelle. Bringt man bei trockener Luft diese Sporen unter das Mikroskop, so liegen die Haare, wie es Figur 254 B zeigt. Sobald aber eine daneben stehende Person die Sporen anhaucht, so ist's, wie wenn plötzlich Alles lebendig würde. Die Fäden sind nämlich im höchsten Grad hygroskopisch und rollen sich sofort in ihre ursprüng=

liche Lage (A) ein. In dem Maaße, als die Feuchtigkeit wieder verdunstet, kehren sie wieder zurück zu der Form B.

Da wir bei der Fortpflanzung der Farren und Schachtelhalme angelangt sind, so will ich gleich den Proceß schildern, der sich an

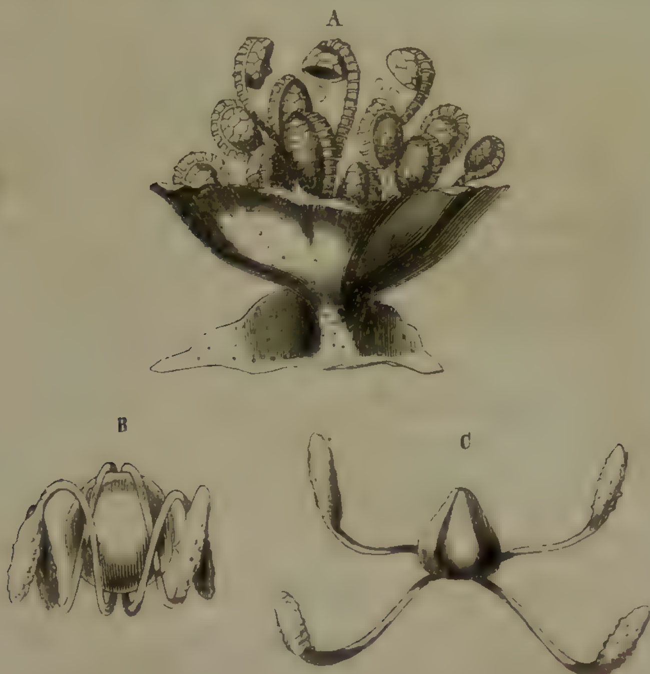


Fig. 251.

die Entwicklungsgeschichte der Sporen anschließt und in gewissem Sinn ein Generationswechsel genannt werden kann. Aus der von der Kapsel entlassenen Spore wächst durch Zellvermehrung ein junges äußerst einfaches Geschöpf heran, das zuerst aus einer Reihe von Zellen besteht und sich später blattartig ausbreitet, aber ohne Spur von Zellschichtung, kurz von einem Bau, der lebhaft an die Lagerpflanzen, die sogenannten Thallophyten erinnert (siehe Fig. 255 a). Nach einiger Zeit werden einzelne der Zellen in ihrer Verbindung mit den andern gelockert und fangen an durch Form, Beschaffenheit und Farbe sich zu unterscheiden (siehe b und c). Allmählig weichen die zwischen einer solchen Zelle und der Oberfläche liegenden Zellen auseinander und stellen einen Canal her (e), durch den man zu der in der Tiefe liegenden Zelle gelangen kann.

Die Zelle ist das Ei und der Canal, der zu ihm führt, der Weg, auf welchem die Befruchtungsstoffe zum Ei gelangen können. Doch davon weiter unten, wenn wir von den geschlechtlichen Vorgängen sprechen werden.

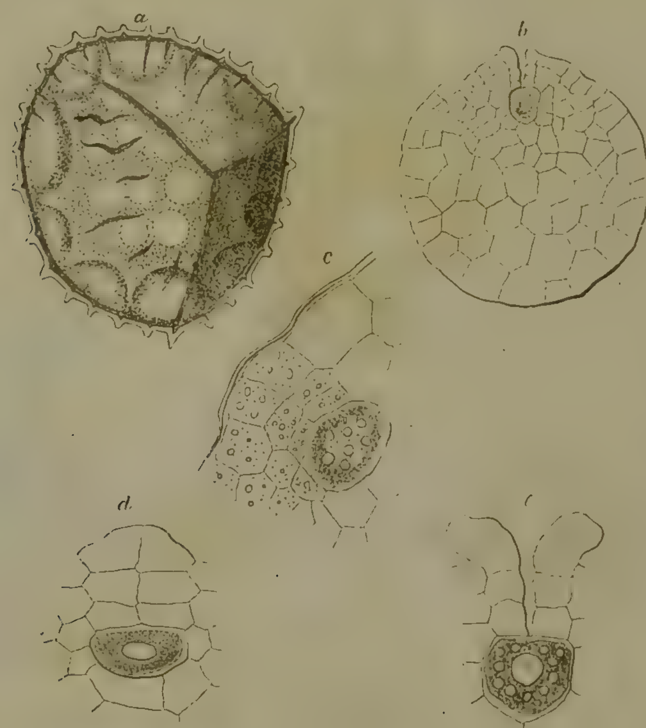


Fig. 255.

Die Botaniker haben dem algenartigen Gebilde, das auf ungeschlechtlichem Wege aus der Spore des Farrens sich entwickelt, den Namen Prothallium oder Vorkeim beigelegt, und wollen den Vorkeim als eine eigentliche Generation angesehen wissen und die ganze Entwicklung als Generationswechsel. Sie sagen, aus der Spore entwickeln sich auf ungeschlechtlichem Wege als erste Generation die Prothallien und erst aus ihnen auf dem Weg der geschlechtlichen Fortpflanzung die eigentlichen Farren.

Es ist richtig, man kann die Sache so ansehen. Dem Prothallium ist eine gewisse Selbstständigkeit nicht abzusprechen, und die Thatsache, daß in einem Prothallium mehrere Eier sich entwickeln,

spricht für die Auffassung, andererseits aber müssen wir uns doch darnach umsehen, wie die Sache in die übrigen Erscheinungen pflanzlicher Entwicklung einzureihen ist.

Da muß es uns nun sofort auffallen, daß bei der Samenbildung der höheren Pflanzen etwas ganz Aehnliches stattfindet. Noch lange bevor der Act der Befruchtung die Eibildung abschließt und die Entstehung des Embryo einleitet, haben wir es zunächst mit dem Freiwerden einer einzelnen Zelle zu thun, die auf ganz ungeschlechtliche Weise zu dem Samen und seinen Hüllen heranwächst. Nur ein Theil dieser Zellen ist bestimmt, seinerzeit durch die Befruchtung zum Embryo zu werden, gerade so, wie im Prothallium der Farrenkräuter und Schachtelhalme nur einige wenige zu einem geschlechtsreif werdenden Wedel sich ausbilden.

Der Unterschied zwischen dem Generationswechsel der genannten Kryptogamen und der Samenbildung der phanerogamen Pflanzen besteht somit darin: die ersteren verlieren eine Zelle, die zuerst zu einem Prothallium heranwächst, bis einige bevorzugte Individuen dieses mehrzelligen Geschöpfes die Rolle von Geschlechtsproducten übernehmen. Bei den Phanerogamen dagegen entfernt sich die Zelle, die den Ausgangspunkt des ganzen Fortpflanzungsprocesses bildet, nicht von ihrem Mutterwesen; sie entwickelt sich in ihm ebenfalls auf ungeschlechtlichem Wege zu einem vielzelligen Körper, dem sogenannten Samen, von dem ebenfalls nur ein Theil der Zellen den künftigen Embryo bildet, während die übrigen als Samenhaut, Albumen 2c. eine vorübergehende Bedeutung besitzen. Das Prothallium des Farrens entspricht also dem zusammengesetzten Samen der höheren Pflanzen und das Archegonium — so wird die Keimzelle des Farrenwedels genannt — dem Embryosack.

Wenn wir etwas Aehnliches zu diesem Fall aus dem Thierreich suchen wollen, so tritt uns das Verhältniß zwischen den lebendig gebärenden Thieren entgegen und denen, die eine einfache Eizelle ausstoßen. Die Entwicklungsvorgänge sind insofern bei beiden die gleichen, als es sich um die successive Theilung einer Eizelle und das

Zusammenlegen derselben zu einem vielzelligen Körper handelt. Aber während im einen Fall all das außerhalb des mütterlichen Organismus vorgeht, sehen wir es bei den höheren Thieren unter dem Schutze des mütterlichen Körpers geschehen.

Diese Aehnlichkeit ist insofern nicht uninteressant, als sie uns zeigt: zu den Bedingungen, unter denen Thier- und Pflanzenreich die höchste Stufe ihrer Organisation erreichen, gehört die Zurückverlegung der ersten Entwicklungsstadien in das Innere des Mutterkörpers oder um es kurz zu sagen, das Lebendiggebären. Man wird vielleicht staunen, wenn ich bei den Pflanzen diesen Ausdruck gebrauche und doch, der Leser nehme sich die Mühe, den Samen einer phanerogamen Pflanze zu zergliedern — er wird finden, daß er kein einfaches Ei ist, sondern ein junges Pflänzchen von bereits sehr zusammengesetztem Bau enthält, es besteht aus Stamm, Wurzel, ein Paar Blättchen und den Kotyledonen, also sind bereits alle wesentlichen Bestandtheile der erwachsenen Pflanze vorhanden. Am ähnlichsten ist dieser Art der Fortpflanzung das Eierlegen mancher Eidechsen und Schlangen; bei ihnen enthält das gelegte Ei ebenfalls ein bereits zum Ausschlüpfen reifes Junge, das sich entwickelte, so lange das Ei in den Geburtswegen der Mutter verweilte.

Vergleichen wir also Spore und Samen, so liegt der Unterschied darin: die Spore ist ein einzelliger Keim, während der Samen eine in allen Haupttheilen fertige, in ihren Hüllen schlummernde junge Pflanze ist.

An den Schluß dieses Abschnittes möchte ich noch Einiges anreihen über die Fortpflanzung der Moose, die einige Eigenthümlichkeiten enthält. Zunächst ist zu bemerken, daß bei ihnen ein ähnlicher Generationswechsel sich findet, wie bei den Farren. Aus der Spore entwickelt sich auf ungeschlechtlichem Wege ein Vorkeim, in dem dann ebenfalls ein Archegonium nach vorangängiger Befruchtung zu einem selbstständigen Wesen aufwächst. Der wesentliche Unterschied liegt nur darin, daß die entsprechenden Generationen bei Moosen und Farren nicht die gleiche Organisationshöhe erreichen. Während näm-

lich der Vorkeim der Farren ein unbedeutendes Gebilde ist, gegenüber dem aus dem Archegonium sich entwickelnden, oft zu einem stattlichen Baume heranwachsenden Wedel, ist es bei den Moosen umgekehrt: hier spielt der Vorkeim die Hauptrolle, er ist die eigentliche Pflanze mit Wurzel, Laub und Stengel und das, was aus dem Archegonium sich entwickelt, sind die sogenannten Moosfrüchtchen, die auf langen Stielen stehen, und in deren Innerem die Sporen reifen. Während bei den Farren der Vorkeim eine ganz vorübergehende Bildung ist, die zu Grunde geht, sobald der Wedel eine ansehnlichere Größe erreicht hat, vegetirt bei den Moosen der Vorkeim als Haupttheil fort und das Moosfrüchtchen ist eine vorübergehende Erscheinung, die mit der Entleerung der reifen Sporen ihren Lebenszweck erfüllt hat und zu Grunde geht.

Einen eigenthümlichen Fall ungeschlechtlicher Vermehrung, bei dem ein mehrzelliger Keim entsteht, zeigen uns die Lebermoose. Man findet auf der Oberfläche ihrer thallusartigen Blätter eigenthümliche Kapseln von äußerst zierlichem Ansehen. Figur 256 b stellt eine solche Kapsel im Beginn ihrer Bildung von oben gesehen dar. Man sieht, wie in der Mitte die oberste Zellschicht vom Mittelpunkt aus strahlig einreißt; in a ist die Kapsel geöffnet, an ihrem freien Rand stehen die zierlichen, durch den erwähnten Spaltungsproceß hervorgebrachten Franzen und in der offenen Schüssel liegen freie, scheibenförmige Körper aus einer Vielzahl von Zellen zusammengesetzt. Es sind dies wahre Keimlinge, die vom Regen fortgewaschen und in günstige Situation geführt zu einem Lebermoose heranwachsen. Entstanden sind sie aus einer einzigen Zelle, die aus



Fig. 256.

einer Binnenzelle hervorknospte, durch Theilung sich vermehrte und schließlich hat das Ganze von seinem Mutterboden sich losgerissen.

Jetzt aber glaube ich: sat prata biberunt, des Details aus dem interessanten Capitel der ungeschlechtlichen Vermehrungsprocesse wäre es genug — nicht als ob das Angeführte auch nur das Bekannte erschöpfte, aber genug, um dem Leser mit Beispielen den Satz zu belegen, daß der Zellenstaat Mittel und Wege genug besitzt, auch ohne den sogenannten Zeugungsproceß Keime zu neuer Staatenbildung zu entsenden, und daß er diese Fähigkeit der Selbstständigkeit seiner Staatsmitglieder verdankt.

IX.

Zeugung.

Es ist vielleicht dem Leser aufgefallen, daß ich von allen Fortpflanzungsprocessen die Zeugung zuletzt erwähne, während man sonst den umgekehrten Weg einschlägt. Es geschah dies getreu dem bisher befolgten System, die einfachsten Vorgänge zuerst zu erörtern und erst später sich der Betrachtung der verwickelteren zuzuwenden. So lange man die Verhältnisse und Vorkommnisse beim Menschen als maaßgebende Richtschnur der Betrachtung der organischen Wesen zu Grunde legte und die Kenntniß der niederen Organismen noch wenig gefördert war, da stand der Zeugungsproceß beherrschend im Vordergrund, sobald es sich um Vermehrung der Individuenzahl handelte. Die ungeschlechtlichen Vermehrungsarten, wie ich sie in den vorangehenden Capiteln schilderte, wurden ihr gegenüber, wenn auch nicht gerade als Ausnahmen angesehen, so doch als Processe von untergeordneterer Bedeutung, als etwas Unvollkommenes. Und nicht blos das: man übersah gänzlich, in welch eigenthümlichem Verhältniß der

Abwechselung die geschlechtlichen Fortpflanzungsprocesse mit den ungeschlechtlichen stehen. Es ist eines der größten Verdienste der mikroskopischen Forschung, hier Licht verbreitet zu haben. So weit sich die Sache bis jetzt übersehen läßt — wir dürfen dabei nicht vergessen, daß wir noch längst nicht zum Abschluß gelangt sind —, stellt sich das Verhältniß so: bei den meisten, vielleicht bei allen Thieren und Pflanzen hat man es mit einer Abwechselung von geschlechtlicher Zeugung mit ungeschlechtlichen Vermehrungsprocessen zu thun. Früher hielt man die geschlechtliche Zeugung für ein Privilegium der höheren Thiere und Pflanzen und die ungeschlechtliche Vermehrung für das Surrogat derselben bei den niederen Organismen. Nun hat man aber gefunden, daß im Thierreich bis hinab zu den Infusorien, im Pflanzenreich bis hinab zu den Algen und Pilzen geschlechtliche Zeugung vorkommt, und daß andererseits die ungeschlechtlichen Vermehrungsprocesse der niederen Organismen eine regelmäßige Erscheinung auch bei den höheren sei, nur mit dem Unterschied, daß bei den letzteren ihr Resultat keine Vermehrung der Individuenzahl, sondern eine Vergrößerung des Individuums sei. Ich erinnere den Leser an die obigen Capitel über Zelltheilung und Knospung, worin ich nachwies, wie ein und derselbe Proceß im einen Fall zur Vermehrung, im andern zum Wachsthum führe. Die Millionen von Zellen, aus denen der Körper eines Menschen aufgebaut ist, verdanken dem gleichen Proceß ihre Entstehung, wie die Millionen von einzelligen Infusorien, die die Nachkommenschaft eines einzigen Mutterwesens sind.

Wie gesagt, betreffs der geschlechtlichen Zeugung sind die Acten noch lange nicht abgeschlossen. Während man z. B. noch vor wenigen Jahren den Pilzen alle und jede geschlechtliche Vermehrung absprach, hat man jetzt in mehreren Abtheilungen derselben eine solche unzweifelhaft nachgewiesen — und wenn man heute die Behauptung aufstellt, daß man über kurz oder lang bei allen Organismen geschlechtliche Vorgänge werde nachweisen können, so läßt sich dagegen a priori nichts einwenden. Höchstens könnte man sagen:

da die Zeugung ein complicirterer Vorgang ist, als die ungeschlechtliche Vermehrung, so wird sie ihr bei der Entwicklung des organischen Lebens überhaupt der Zeit nach vorangegangen sein. Es wird also eine Zeitlang Organismen gegeben haben, welche sich nur auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzten und dies einmal zugegeben, liegt kein Widersinn in der Behauptung, daß es auch jetzt noch solche Wesen geben könnte. Doch gehört dies in die Kategorie jener heute noch sehr schwierig zu erörternden Fragen über Natur und Beschaffenheit der ersten Wesen, die ich jetzt übergehen will, um so mehr, da ich schon Eingangs bei Erörterung der mikroskopischen Wesen einige Raisonnements darüber anstellte. Für unsere Frage von dem Verhältniß der geschlechtlichen Zeugung zu den ungeschlechtlichen Vermehrungsprocessen mögen uns die Fälle zur Richtschnur dienen, bei welchen beide Processe neben einander vorkommen.

Es ist eine allgemeine Erscheinung im Thier- und Pflanzenreich, daß das Wachsthum, also die Vermehrung der Zellen auf ungeschlechtlichem Wege in der Regel sofort aufhört, sobald das betreffende Wesen geschlechtsreif wird; außerdem können wir von jedem Gärtner erfahren, daß bei den Pflanzen durch üppige, überreiche Nahrung der Eintritt der Geschlechtsreife, d. h. das Blühen verzögert wird, während spärliche Nahrungszufuhr ein frühzeitiges Blühen hervorbringt.

Dies und manches Andere weist darauf hin, daß die Zeugung dann an die Stelle der ungeschlechtlichen Vermehrung tritt, wenn eine Art von Schwächung, von Unfähigkeit, auf dem betretenen Wege weiter zu wandeln, sich einstellt. Am reinsten sehen wir dies bei niederen Organismen, wo dem geschlechtlichen Vermehrungsact eine Art Ruhezustand, der auf Erschöpfung deutet, vorhergeht.

Damit stimmt vollkommen überein, was wir über das Wesen der Zeugung wissen: Bekanntlich besteht sie darin, daß nicht mehr eine Zelle für sich allein im Stande ist, durch fortgesetzte Theilung sich zu vermehren, sie braucht eine Unterstützung durch etwas, was von einer andern Zelle stammt. Es muß ein Samenfaden in sie

eindringen und sich ihrem Inhalte beimengen, um der Zelle wieder Leben und Vermehrungsfähigkeit einzuhauchen. Stimmt das nicht vollkommen genau zu der Erschöpfung, von der ich oben aus andern Gründen sprach?

Wie schon bemerkt, waren es die höheren Thiere und Pflanzen, bei denen man längere Zeit fast ausschließlich der Erforschung der Zeugungsvorgänge nachging. In den 30ger Jahren entdeckte der Florentiner Amici den Hergang der Befruchtung bei den phanerogamen Pflanzen: die in den Staubfäden zur Entwicklung gekommenen Pollenkörner fangen auf die Narbe gelangt an, Schläuche aus sich zu entwickeln, die sich in die Tiefe in das Gewebe der Narbe einbohren, sie der ganzen Länge nach durchwachsen, um schließlich in die am Grund der Fruchtblätter stehenden Eikeime einzudringen und sie zu befruchten. Figur 257 zeigt das Eindringen des Pollenschlauchs auf einem Längsschnitt der Narbe des Stechapfels.

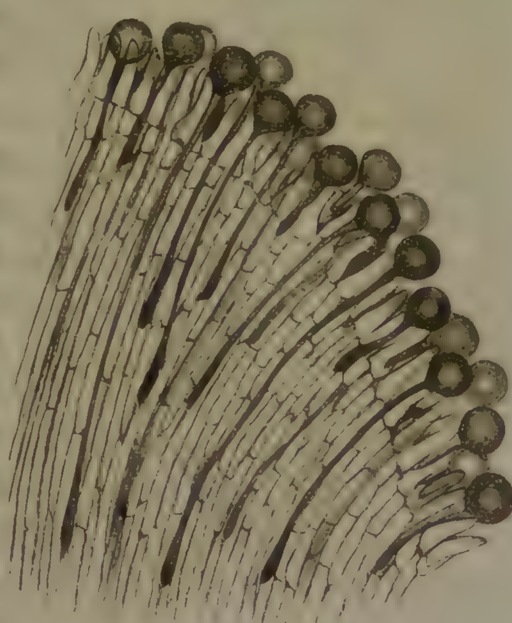


Fig. 257.

Bei den höheren Thieren entdeckte man schon vor längerer Zeit die sogenannten Samenfäden oder Samenthierchen in der Geschlechtsflüssigkeit der männlichen Individuen, als winzige, mit einem langen Wimperhaar versehene Körperchen, einer äußerst lebhaften, infusorienähnlichen Bewegung fähig. Aber es dauerte bis in den Beginn der 50ger Jahre, ehe man constatiren konnte, daß die Samenfäden in das Ei eindringen, indem sie entweder eine schon vorher vorhandene größere Oeffnung der Eihülle, die sogenannte Mikropyle, benützen oder sich durch einen der feinen Porencanäle der Eihaut mehr oder weniger gewaltsam Bahn brechen, um in's Innere

zu gelangen. Ueber das Schicksal der Samenfäden im Ei giebt es keine näheren Angaben, sie scheinen sich aufzulösen und dem Protoplasma der Eizelle beizumischen. Wir wissen nur das Eine, daß es nicht, wie man früher glaubte, die bloße äußere Berührung durch das Samenkörperchen sei, was das Ei entwicklungsfähig macht, sondern die körperliche Vermischung des Samenfadens mit dem Eiinhalt. Das Ei bedarf zu seiner Befruchtung der Beimischung eines Stoffes, unterscheidet sich also von einer gewöhnlichen theilungsfähigen Zelle durch einen Mangel, dem erst die Befruchtung abhelfen kann.

Indem die Naturforschung den niederen Organismen eine immer mehr steigende Aufmerksamkeit zuwandte, fand man zunächst bei den niederen Thieren die den Samenkörperchen entsprechenden Elemente und bald schlossen sich die überraschendsten Entdeckungen über die geschlechtlichen Vorgänge bei den niederen Pflanzen an. Wenn ich im Folgenden hauptsächlich die verschiedenen Befruchtungsvorgänge bei den niederen Pflanzen beschreibe und abbilde, so geschieht es, weil sie zu den schönsten Entdeckungen der Neuzeit auf dem Gebiete des organischen Lebens gehören und weil die merkwürdige Uebereinstimmung der Befruchtungsprocesse der niederen Pflanzen mit denjenigen, die wir früher für specifisch thierisch hielten, gegenüber dem großen Unterschied zwischen Befruchtung von höheren Thieren und höheren Pflanzen ein neuer Beweis ist, wie sehr sich Thier- und Pflanzenreich in ihren unteren Regionen einander nähern.

X.

Der Befruchtungsact.

Einer der einfachsten Fälle ist der Befruchtungsvorgang bei den Rostpilzen, den Figur 258 von der Gattung Peronospora — dieselbe Gattung, zu der der Pilz der Kartoffelkrankheit gehört — dar-

stellt. An den zwischen den Geweben sich verzweigenden Pilzhyphen erheben sich nahe bei einander zwei Kolben von verschiedenem Aussehen — siehe Figur 258 A, — ein größerer, mit dunkeln Körnern gefüllt, ein kleinerer, keilförmig gebogen, der mit seinem stumpfen

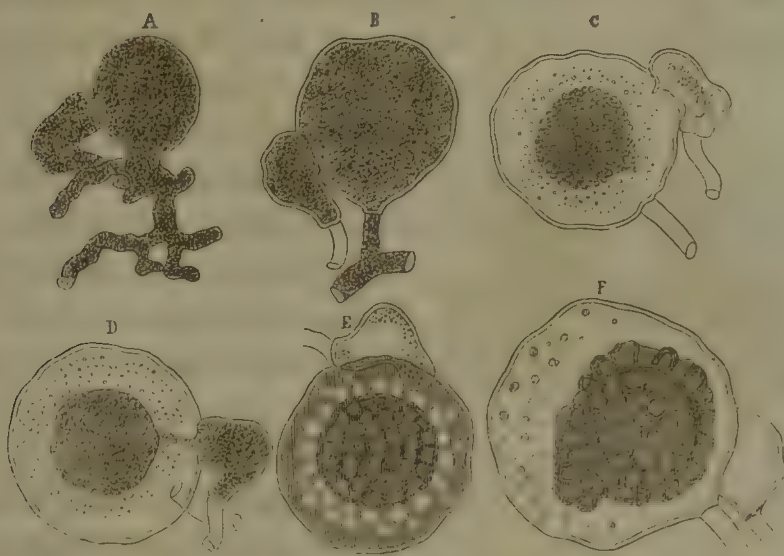


Fig. 258.

Ende sich an den ersteren anlegt. Bei B sieht man beide größer geworden und inniger an einander geschmiegt, in C hat sich der Körnerhaufen des größeren Kolbens im Innern der blasigen Hülle concentrirt und man sieht, wie der kleinere vermittelst einer zarten conischen Spitze in die Hülle des ersteren einzudringen im Begriff ist, in D sehen wir den Moment der Befruchtung. Die Körnerkugel ist ein bereits scharf begrenztes Ei im Innern der Kapsel, der Kolben, der das männliche Element vorstellt, hat durch die Hülle der Eikapsel hindurch einen Fortsatz gebohrt, der bis an das Ei herangedrungen ist und durch ihn hindurch tritt der Inhalt der männlichen Zelle zum Ei, um sich mit ihm zu mischen. Nach geschehenem Befruchtungsact zieht sich dieser Auswuchs wieder zurück (siehe E) und das Ei umgiebt sich mit einer zierlich gegitterten Schale. Bei F ist Alles vorüber, das Ei fertig, aber immer sieht man noch an der dasselbe einhüllenden Kapsel den leeren Befruchtungskolben anliegen.

Hier kommt es also nicht zur Ausbildung besonderer geformter männlicher Geschlechtsproducte, sogenannter Samenkörperchen. Man hat es nur mit einer einfachen Beimischung von Zellinhalt zu dem Protoplasma des Eis zu thun.

Am meisten Aufsehen erregte seiner Zeit die Beobachtung über die geschlechtlichen Vorgänge bei einer der niedersten Algenfamilien, bei den Vaucherien. War es doch der erste Fall, wo man bei so niederen Geschöpfen einen Befruchtungsact beobachtete und da diese Entdeckung eigentlich den Anstoß zu den emsigen Forschungen über die Fortpflanzungsgeschichte der niederen Pflanzen gab, so will ich ihn hier kurz mittheilen. Wie wir in Figur 259 sehen, beginnt die Sache gerade so, wie bei den Rostpilzen, indem seitlich an einer der schlauchförmigen Zellen dieser Pflanze nahe bei einander zwei kolbige Auswüchse von verschiedener Gestalt sich erheben. Der eine (a), hornförmig gebogen, mit blassem Inhalt entspricht dem männlichen Kolben der Pilze, der andere (b), mit dunklem grobkörnigen Inhalt ist die Eikapsel. Nachdem die Kolben ihre volle Größe erreicht, trennt sich ihr Inhalt von dem der Mutterzelle durch Bildung einer Scheidewand. Bei A ist diese erst im männlichen Befruchtungsauswuchs zu sehen, in B und C dagegen an beiden. Im weiteren Verlauf der Entwicklung bekommt der Eikolben an der Seite, die dem männlichen Zapfen zugewendet ist, eine Oeffnung, durch die sich, wie bei

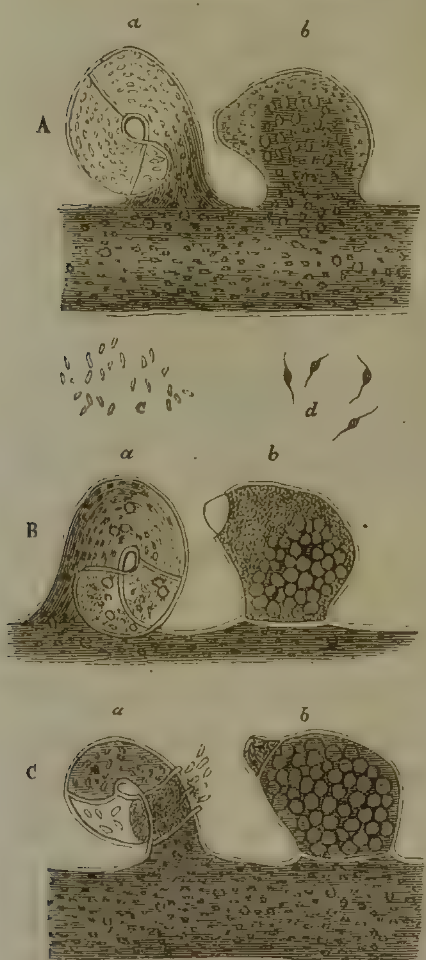


Fig. 259.

B zu sehen, ein Theil des glashellen Protoplasmas ausstülpt. Bald darauf erhält auch der männliche Zapfen an seiner Spitze eine Oeffnung und durch dieselbe treten jetzt bewegliche Körperchen (d) mit zwei Flimmerhaaren aus, von denen ein Theil in die Oeffnung der Eikapsel eindringt, um die Befruchtung auszuführen. Die, denen das nicht gelingt (e), verlieren ihre Cilien und werden bewegungslos. Nach geschehener Befruchtung schließt sich die Oeffnung der Eikapsel durch eine Scheidewand (siehe C) und so ist das Ei fertig.

Neben diesem geschlechtlichen Vermehrungsproceß, dessen Resultat ein regungsloses Ei ist, findet bei dieser Pflanze die ungeschlechtliche Bildung lebhaft sich bewegender Zoosporen statt.

Hier liegt somit bereits ein Fall vor, der vollkommen übereinstimmt mit dem Befruchtungsproceß der höheren Thiere. Wir sehen die Bildung beweglicher Samenkörperchen.

Ganz dasselbe beobachtete man später bei fast allen andern Kryptogamen. Figur 260 zeigt die Entwicklung der Samenkörperchen bei einer Pflanze, die zu den Farren gehört, bei Isoëtes. Eine Zelle des Vorkeims sondert sich von den übrigen und bildet nach vorangängiger Theilung in dem Innern der Theilzellen den Samenfaden aus, den wir in seinen verschiedenen Zuständen in der obigen Figur sehen. Wenn diese Samenfäden reif sind, so gelangen sie an die Oberfläche des Vorkeims und bewegen sich lebhaft schlängelnd auf ihm umher, bis es ihnen gelingt, zu einem Archegonium zu gelangen (siehe oben Fig. 255) und in dasselbe eindringend die Eizelle zu befruchten. Ich bemerke noch, daß man

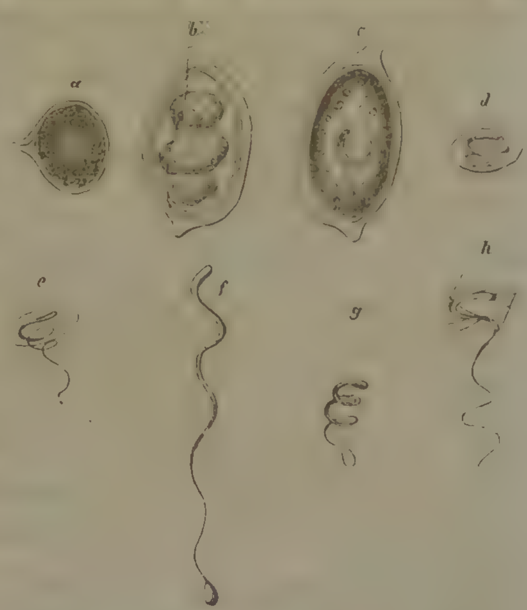


Fig. 260.

die Bildungsheerde dieser Samenkörperchen in dem Vorkeim Antheridien nennt, ein Ausdruck, der an die Uebereinstimmung ihrer Verrichtung mit der der Staubfäden (Antheren) der höheren Pflanzen erinnern soll. Der Bezeichnung Antheridien sich anschließend hat man die mit Cilien versehenen beweglichen Befruchtungselemente Antherozoidien genannt. Wenn ich noch hinzufüge, daß man die geformten männlichen Befruchtungsstoffe bereits mit einem ganzen Heer von Namen belegt hat, Samenfäden, Samenkörperchen, Samenthierchen, Zoospermien, Spermatozoen, Spermatozoiden, Antherozoiden, Pollenkörner 2c., so thue ich es nur, um den Leser zu bitten, daß er sich durch diese Vielnamigkeit nicht verwirren läßt. Solche Wirwarre in der Benennung sind Erbsünden der historischen Entwicklung unserer Wissenschaften, über die ich bei dieser Gelegenheit einige Worte verlieren will. Einmal haben sich früher Zoologen und Botaniker nicht im Geringsten um einander bekümmert — theilsweise ist es noch heute der Fall — und so kommt's bei der immer mehr sich herausstellenden Uebereinstimmung zwischen Thier- und Pflanzenreich häufig genug vor, daß ein und dasselbe Ding von den Botanikern anders genannt wird als von den Zoologen. Die ersteren nennen Antherozoid, was der Zoolog Spermatozoid nennt; der Zoolog ging aus von dem männlichen Samen (Sperma) des Thiers, der Botaniker von dem Staubfaden (Anthere) der Pflanzen. Die Vielnamigkeit der männlichen Befruchtungsstoffe hat übrigens noch einen andern Grund. Als man die beweglichen Samenkörperchen entdeckte — die Entdeckung geschah zuerst beim Menschen — da erklärte man dieselben geradezu für selbstständige Organismen, für Thierchen, und nannte sie Samenthierchen, Spermatozoen; ja man ging soweit, das Samenthierchen für den künftigen Embryo zu erklären, der nur behufs seiner Ernährung und Auffütterung in den mütterlichen Organismus gebracht werde, was, wie ich kaum zu sagen brauche, gänzlich irrig war. Später als man erkannte, daß die Bewegungen der Samenkörperchen in die Kategorie der Wimperbewegungen gehören, convenirte natürlich das Wort Spermatozoe nicht mehr und doch

konnte man mit dem Wort nicht vollständig brechen. Jetzt entstand einerseits das Wort Spermatozoid (Zoid bezeichnet etwas, was nur thierähnlich ist), während Andere das handlichere Wort Zoospermien

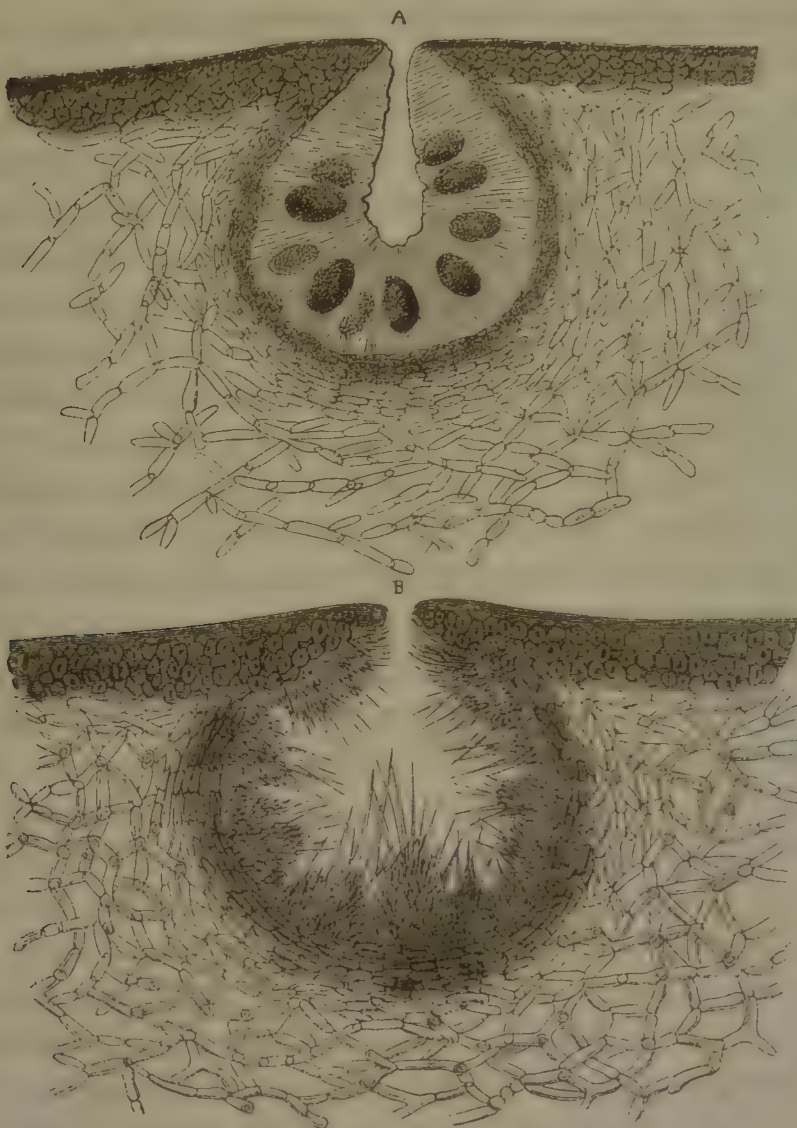


Fig. 261.

vorschlugen. So spiegelt sich also in der Benennung der männlichen Befruchtungsstoffe die allmählige Entwicklung der Lehre von der Zeugung wieder.

Getrennt sehen wir die männlichen und weiblichen Geschlechts=

apparate unter den niederen Pflanzen in dem in Figur 261 abgebildeten Fall vom Seetang, Fucus vesiculosus. Zur Zeit der Geschlechtsreife erblicken wir an dem Laube dieses Tangs hügelige Auftreibungen, auf deren Spitze ein Büschelchen zarter weißer Fäden hervorragt. Bei der einen Pflanze zeigen diese Hügelchen in ihrem Innern eine leicht orangegelbe Färbung. Das sind die männlichen Individuen, bei den weiblichen sind sie gräulich braun. Betrachtet man sie auf dem Durchschnitt, wie ihn die Figur darstellt, so sieht man bei den weiblichen Individuen zwischen den zarten gegliederten Fäden, welche in die unter dem Hügel liegende Höhlung hereinreichen, große dunkle kugelige Körper. Das sind die Eier. In den männlichen Organen wird man auf kleine lang ovale Zellen aufmerksam, die an der Basis der Gliedfäden als seitliche Abzweigungen sitzen; aus dem Protoplasma, das sie erfüllt, entwickeln sich orangegelb gefärbte Körperchen mit zwei lebhaft schwingenden Haaren, die als Spermatozoen zur Vornahme der Befruchtung bestimmt sind. Wenn sie durch Zerfall ihrer Mutterzellen in's Freie gelangen, so schwärmen sie im Wasser umher, bis sie entweder zu Grunde gehen oder ein weibliches Individuum erreichen. In einem solchen Fall, wie dem vorliegenden, wo also keinerlei Apparate vorhanden sind, die mit Sicherheit die Samenkörperchen zum Ei leiten, muß natürlich die Massenhaftigkeit der Production diese Unsicherheit ersetzen, und die ist in der That bei den meisten Thieren und Pflanzen so groß, daß, wenn auch nur der tausendste Theil der Samenthierchen seinen Bestimmungsort erreicht und nur der tausendste Theil der Eier befruchtet wird, dies immer noch genügend ist, um alle vorhandenen Localitäten mit dem erforderlichen Nachwuchs zu versehen.

Ich setze in Figur 262 noch eine Abbildung aus der Reihe der Algen und zwar aus der Gruppe der Florideen her, nämlich zwei Zweige von Sphacelaria, bei A ein Zweig dieser Alge bei schwächerer Vergrößerung, bei B ein Seitenzweigchen bei stärkerer Vergrößerung in dem Moment, wo sein blasig aufgetriebenes Ende geschwänzte bewegliche Körperchen entläßt, die in ihm sich entwickelt haben. Ihre

vollkommene Uebereinstimmung mit den Samenkörperchen des Tangs und der Vaucherien berechtigt zu der Annahme, daß wir es auch hier mit einem geschlechtlichen Vorgang zu thun haben, obwohl es bis jetzt noch nicht gelungen ist, weibliche Geschlechtsapparate zu sehen, in denen Eier sich entwickeln.*) Immerhin wäre es aber möglich, daß solche Körperchen Zoosporen wären, die ohne Weiteres zu neuen Organismen sich entwickeln.



Fig. 262.

Zum Schluß geben wir den eigenthümlichsten Fall von Fortpflanzung, der bis jetzt bei den niedern Pflanzen beobachtet wurde. Er betrifft eine Pflanze aus der Familie der Conferven, Oedogonium ciliatum (Fig. 263). Diese Pflanze besteht, wie alle Conferven, aus reihenförmig geordneten Zellen. Von diesen übernehmen nun zwei verschiedene, oft in einer und derselben Linie liegende die Rolle des männlichen und weiblichen Elements. Die Zelle, welche zur Bildung des Eis bestimmt ist, schwillt beträchtlich an und füllt sich mit dunklem grobkörnigem Inhalt, wie wir es in der angezogenen Figur bei 1 und 4 sehen. In der Zelle, die zur Reifung des männlichen Theils bestimmt ist, sehen wir aus dem Protoplasma einen eiförmigen Körper sich entwickeln, der an seinem einen Ende einen Kranz von Flimmerhaaren trägt. Durch Berstung der Zellhaut gelangt dieses infusorienartig sich bewegende Geschöpf

*) Einer so eben ausgegebenen Mittheilung zufolge ist dies jetzt gelungen.

(bei 4 und 5) in's Freie. Das ist nun aber nicht etwa das Samenthierchen, sondern die Mutterzelle desselben und die Botaniker haben ihm deshalb einen eigenen Namen beigelegt. Sie heißen es Anthrospore. Seine Entstehung ist eine ungeschlechtliche, wie die der Sporen und seine Bestimmung, in sich Samenthierchen zu reifen.

Nach einigem Umherschweifen setzt sich die Anthrospore außen an die Eikapsel an. So sehen wir bei 1 zwei ansitzen. Dann reißt zumal die Eikapsel und die Zellhülle der Anthrospore und aus der letzteren treten mehrere kleine, bei 2 abgebildete, ebenfalls mit einigen Flimmerhaaren versehene Samenkörperchen aus, die, wie es bei 1 zu sehen ist, in die Eikapsel eindringen und das Ei befruchten. Nun zerfällt der ganze Faden und die befruchtete Eikapsel 3 wird frei.

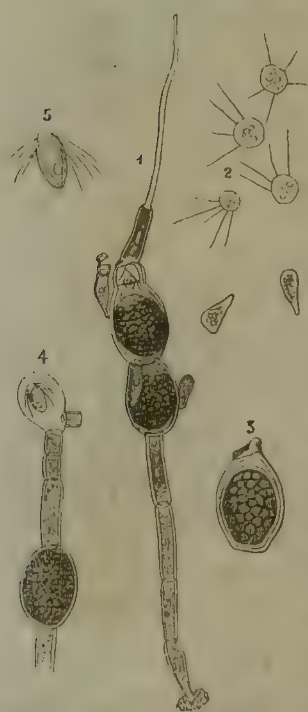


Fig. 263.

Hier ist also eine ganz merkwürdige Complication in der Bildung der männlichen Befruchtungselemente eingetreten. Während sonst nur das Samenkörperchen frei wird und so lange sich selbstständig bewegt, bis es ein befruchtungsfähiges Ei seiner Gattung gefunden hat, haben wir hier einen doppelten Act der Befreiung; zuerst löst sich eine Zelle aus dem Verband mit den übrigen zu selbstständigem Leben, in derselben Weise wie es die Zoosporen thun; sie ist aber noch nicht das, was befruchtet, sondern nur die Keimzelle für die Samenkörperchen, die wieder aus ihr hervorbrechen, um zu ihrem letzten Ziel zu gelangen. Man könnte also, wenn man wollte, auch hier von einem Generationswechsel sprechen und die Anthrospore als eine Generation einzelliger Männchen ansehen.

Einigermaßen erinnert diese Geschichte an den merkwürdigen Zeugungsproceß einiger Tintenfischarten, den ich hier mittheilen will,

weil es seinerzeit großes Aufsehen erregte, als man dahinter kam. Man fand nämlich in der Mantelhöhle dieser Kopffüßer ein eigenthümlich gestaltetes Wesen, eine Art Wurm mit Saugnäpfen versehen. Eine Zeitlang erklärte man es für einen Schmarotzer, bei dem nur das auffiel, daß er ohne alle Eingeweide war und nannte das Ding Hectocotylus. Endlich verfiel man in Folge der auffallenden Aehnlichkeit des Geschöpfes mit einem Arm des Tintenfisches und deshalb weil seine Anwesenheit mit der Zeit der Geschlechtsreife zusammenfiel, auf den Gedanken, es für ein verkümmertes männliches Individuum zu halten, welches in der Mantelhöhle des Weibchens schmarotze und in dieser Ansicht wurde man dadurch bestärkt, daß man in seinem Inneren Samenfäden fand. Endlich klärte sich die Sache dahin auf: der besagte Hectocotylus ist nichts anderes als der abgerissene Arm des männlichen Tintenfisches. Aus dem Hoden gelangen die reifen Samenkörperchen in eine Höhlung an der Basis des Arms. Wenn sich nun die Tintenfische begatten wollen, so senkt das Männchen diesen Arm in die Athemhöhle des Weibchens und durch eine Art von freiwilligem Abschnürungsact löst sich derselbe aus dem Verband mit dem übrigen Körper. Nach dem, was wir über den Bau des Thier- und Pflanzenkörpers früher besprochen haben, darf es uns nicht groß Wunder nehmen, wenn der abgerissene Arm durch längere Zeit ein selbstständiges Leben führt, schmarotzt er ja doch in einer für diese Erhaltung günstigen Situation. Der Vergleich mit dem Zeugungsproceß der oben erwähnten Conserve trifft natürlich nur insofern zu, als in beiden Fällen nicht zunächst die Samenthierchen es sind, die frei werden, sondern nur das, was sie trägt, aber freilich darin unterscheiden sie sich wesentlich: die Anthrospore der Conferve ist die Keimzelle, in der die Samenthierchen sich entwickeln, der Hectocotylus ist nur der passive Träger, er ist kein losgelöster Hoden, sondern ein losgelöstes Begattungsorgan.

XI.
Die Sicherstellung der Fortpflanzung.

Blicken wir auf die bisher beschriebenen Befruchtungsvorgänge zurück, so sehen wir, daß es sich bei allen um das Eindringen eines Stoffes in das Innere der zur Bildung des Eis bestimmten Zelle handelt. Dieser Befruchtungsstoff entsteht immer in bestimmten Zellen, indem ihr Inhalt entweder ohne weiteres dazu verwendet wird wie bei den Pilzen, oder indem er in eine größere Anzahl von Körnern zerfällt, an denen dann die meistentheils beweglichen haarförmigen Verlängerungen hervorwachsen. So lange man nur die äußerst beweglichen Samenfäden des Menschen und der ihm zunächst verwandten Thiere kannte und neben ihnen nur die unbeweglichen Pollenschläuche der höheren Pflanzen, war man natürlich geneigt, diesen Bewegungen eine für die Theorie der Befruchtung entscheidende Bedeutung beizulegen, wie ich das schon oben bei Gelegenheit der Erörterung der verschiedenen Namen der Samenfäden angedeutet habe. Allein die Thatsache, daß die Samenfäden einer großen Reihe wirbelloser Thiere starr und bewegungslos sind, und daß andererseits wieder, wie wir gesehen, eine Masse niederer Pflanzen äußerst bewegliche Samenelemente besitzen, zeigt uns, daß die Bewegungsfähigkeit eine Sache von untergeordneterer Bedeutung ist. Sie hat nur den Werth, selbst da noch die Befruchtung sicher zu stellen, wo es zu keiner unmittelbaren Berührung der männlichen und weiblichen Geschlechtsapparate kommt: Der Samenfaden kann das Ei aufsuchen. Im gegebenen Fall ist dies natürlich von hoher Wichtigkeit, wie ich dem Leser aus dem Befruchtungsvorgang beim Menschen am besten deutlich machen kann.

Bei einer richtig vollzogenen Begattung wird die die Samenfäden enthaltende Flüssigkeit in die weibliche Gebärmutter, die sich

im Moment der höchsten Erregung öffnet, eingespritzt. Eine Befruchtung kann jetzt unter zwei Modalitäten eintreten: entweder befindet sich bereits ein Ei in der Gebärmutter und dann ist der Weg, den die beweglichen Samenfäden zurückzulegen haben, ein sehr kurzer und sicherer, immerhin aber muß man annehmen, daß ohne ihre Bewegungsfähigkeit ein Eindringen durch die Eihülle bei dem Mangel einer sogenannten Mikropyle unmöglich wäre.

Setzen wir aber den andern Fall, daß noch kein Ei in der Gebärmutter ist, so leistet die Bewegungsfähigkeit zweierlei. Einmal wird sie die Folge haben, daß der Samenfaden längere Zeit lebendig bleiben kann. Die Feuchtigkeit, welche Uterus und Eileiter absondern, hat für ihn den Werth eines Nahrungselements. Würde das Samenkörperchen ruhen, so wäre der Verkehr zwischen ihm und diesem Nahrungselement abgeschwächt und sicher seine Lebensfähigkeit herabgestimmt. So aber ist es im Stande, durch eine verhältnißmäßig lange Zeit — die Beobachter geben 8—14 Tage an — sich lebendig zu erhalten. Dies erhöht natürlich in hohem Grade die Sicherheit der Befruchtung. Denn wenn auch im Moment der Begattung kein Ei in der Gebärmutter vorhanden ist, so genügt der Eintritt eines solchen während dieses ganzen Zeitraums, um die Schwangerschaft hervorzurufen. Hierzu kommt aber noch ein zweiter Umstand. Die Samenfäden dringen in die Eileiter ein und bewegen sich in ihnen aufwärts einem etwa später reifenden Ei entgegen, ja man hat sie über das dem Eierstock zugewendete offene Ende des Eileiters hinaus bis auf die Oberfläche des Eierstocks selbst verfolgen können. Dies erklärt die glücklicherweise selten vorkommende Abnormität der sogenannten Bauchschwangerschaft. Wie ich bereits auf Seite 384 erwähnte, verbindet sich der Eileiter nicht mit dem Eierstock, sondern hört mit einem trichterförmig erweiterten Ende auf. So kann es geschehen, daß ein aus dem Eierstock austretendes Ei nicht in den Eileiter gelangt, sondern in die Bauchhöhle fällt. Wird es nun von den ebenfalls in die Bauchhöhle vordringenden Samenfäden erreicht und befruchtet, so hängt es sich an irgend ein Eingeweide an und entwickelt

sich dort gerade so, als wenn es in der Gebärmutter wäre. Natürlich kann eine solche Frucht durch die gewöhnlichen Geburtscanäle ihren Ausweg nicht finden, ohne operativen Eingriff überhaupt nicht geboren werden und in der Mehrzahl der Fälle ist Tod von Mutter und Kind die Folge.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir noch auf einen die Befruchtung bei einer Reihe von Thieren feststellenden Umstand aufmerksam machen. Bei vielen Gliederthieren und Mollusken besitzt das Weibchen an seinen Eileiterapparaten eine sogenannte Samentasche, in welche das Männchen bei der Begattung die Samenfäden bringt. Diese bewahren dort sehr lange ihre Befruchtungsfähigkeit und es genügt demgemäß eine einmalige Begattung für alle im Verlauf einer Zeugungsperiode reifenden Eier. Am Instructivsten ist das Verhältniß bei den Bienen. Die Königin begattet sich nur einmal im Jahr und doch legt sie beinahe den ganzen Sommer hindurch Eier. Dies wird ihr nur durch ihren Vorrath an lebendigen Samenthierchen möglich. So oft ein Ei reift, nimmt sie selbst die Befruchtung vor, indem sie aus ihrer Samentasche einige Samenfäden in den Eileiter entläßt, der zu diesem Behuf mit einer Muskellage umgeben ist. Sie hat es außerdem in ihrer Gewalt, ob sie männliche oder weibliche Nachkommenschaft erzeugen will; wie ich schon früher anführte, entstehen die Drohnen parthogenetisch; will nun die Königin ein Drohnenei legen, so unterläßt sie einfach die Befruchtung aus der Samentasche, das Ei wird dann zur Drohne.

Außer der Beweglichkeit der Samenfäden, der Aufbewahrung derselben in Samentaschen besitzt die Natur zahllose Mittel und Wege, um die Befruchtung selbst unter den schwierigsten Verhältnissen sicher zu stellen. Am häufigsten sind im Thierreich besonders hierzu bestimmte Bewegungswerkzeuge, die sogenannten Begattungsorgane, welche die Einführung der männlichen Befruchtungsstoffe in die Eibehälter sichern und namentlich die Insectenwelt ist reich an den zierlichsten und mannigfaltigsten Apparaten zu diesem Zweck, die meist am Hinterleibsende angebracht sind. Figur 264 zeigt einen

solchen Copulationsapparat von Dolichopus. Bald sind sie bestimmt, in die Geschlechtswege eingeführt zu werden, bald dienen sie nur dazu, das Weibchen festzuhalten und den Begattungsact so zu verlängern und zu sichern.

Eine andere Reihe von Apparaten des weiblichen Geschlechts sichern insofern die Fortpflanzung, als sie das Ei entweder mit klebrigen Stoffen versehen, um es an den geeigneten Localitäten festzukitten, wie z. B. die Salamander ihre Eier an die Blätter von Wasserpflanzen oder wie die Frösche, um die Eier zu langen Schnüren zusammen zu binden. Auch eine Menge von Schnecken und Insecten, sowie Fischen legen ihre Eier haufenweise in großen durch einen klaren Schleim gebildeten Klumpen, in deren Innerem die Eier meist in zierlicher Ordnung liegen.



Fig. 263.

Wieder andere besitzen Bohrapparate, um ihre Eier an bestimmten Orten unterzubringen: die Blattwespen schieben die Eier mit ihrem Legstachel unter die Rinde von Blättern und Stengeln, die grüne Heuschrecke schiebt sie mit demselben beinahe einen Zoll tief in den Boden und die Schlupfwespen bringen sie mit ihrem oft außerordentlich langen Legstachel in den Körper anderer Insecten, von deren Leib die aus dem Ei geschlüpften Jungen sich nähren.

Bei den Pflanzen sind es wieder andere Mittel, welche die Befruchtung und Eientwicklung sichern. Selbstbeweglichkeit der Samenelemente ist bei dem Mangel einer förmlichen Begattung natürlich nur bei Wasserpflanzen und den amphibisch lebenden Gefäßkryptogamen ausführbar, wie wir denn auch bewegliche Samenfäden nur bei solchen sehen. Bei den Luftpflanzen greifen eine Reihe von Momenten ein, die außerhalb des betreffenden Pflanzenkörpers liegen. So spielt bei dem Aufstreuen des Pollens auf die Narbe der Wind eine bedeutende Rolle, indem er die zarten Pollenstäubchen umherwirbelt und so ihr Anlangen auf der klebrigen Narbe begünstigt. Das Merkwürdigste aber ist die Beobachtung, daß bei den phanerogamen Pflanzen die Insecten, die des Honigsaftes wegen die Blüthe besuchen, eine wesentliche Vermittlerrolle bei der Befruchtung spielen. Für einige Pflanzen, z. B. die Orchideen, ist es unwiderleglich dargethan, daß sie ohne die Dazwischenkunft von Insecten, die den Blüthenstaub auf die Narbe bringen, unbefruchtet bleiben. Und wahrscheinlich ist dies viel häufiger der Fall, als man jetzt noch vermuthet.

Bei der Aussaat der befruchteten Samen kommen wieder eine Reihe der verschiedensten Einwirkungen in Betracht. Bei den Balsaminen z. B. öffnen sich die reifen Samenkapseln mit einer plötzlichen schnellenden Bewegung der Carpellarblätter, wodurch die Samen umhergeschleudert werden. Bei den Orchideen und den Lebermoosen finden sich sogenannte Elateren (siehe Fig. 265), spiralig gerollte



Fig. 265.

Fäden von sehr elastischer Beschaffenheit, die beim Bersten der Eikapseln wie eine Uhrfeder aufschnellen und die Samen umherschleudern. Die Federbärte, welche die Samen vieler Compositen krönen, machen sie zu Aërostaten, die vom Winde auf weite Entfernungen fortgeführt werden können. Die Samen anderer Pflanzen hängen

sich mittelst zarter Widerhaken an Thiere an und werden so von Ort zu Ort gebracht. So ist eine Distel mit den Viehheerden aus Kleinasien in wenigen Jahrzehnten bis nach Baiern herein gewandert und in manchen Gegenden Ungarns zur förmlichen Landplage geworden. Kurz, der meist nur mit dem Mikroskop erkennbaren Hilfsmittelchen, mittelst derer die Organismen ihre Existenz und Verbreitung sicher stellen, und zwar in den frühesten Perioden ihres Daseins, sind zahllos und es ist dies eine neue Illustration zu dem Satze von der Macht des Kleinen auf Erden, von der wir bei der Betrachtung der mikroskopischen Wesen schon einmal gesprochen haben. Die unendliche Theilbarkeit der Organismen, die sich als geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung äußert und die jedem Organismus die innere Fähigkeit giebt, in der kürzesten Zeit sich in's Endlose zu vervielfältigen, — worauf beruht sie? auf der enormen Kleinheit der Keime, von denen die meisten kaum mehr mit bloßem Auge sichtbar sind. Denn selbst da, wo das aus dem Mutterleib hervortretende Junge oder die am Baume reifende Frucht eine ansehnlichere Größe besitzt, war es von Haus aus nur eine winzige Zelle, von der die Bildung ausging, und der Unterschied gegenüber den mikroskopischen Sporen und Embryonen der niederen Pflanzen beruht ja nur darauf, daß die Keime am mütterlichen Organismus die ersten Perioden ihrer Entwicklung erfahren und erst dann sich von ihm trennen. Gerade hier zeigt es sich: Je größer und höher entwickelt die Jungen vom Mutterthier sich trennen, desto geringer ist die Zahl derselben und desto gefährdeter ihre Existenz. Wie leicht sind große Thiere mit geringer Nachkommenschaft auszurotten und wie machtlos steht der Mensch Organismen gegenüber, welche nicht nur an und für sich klein sind, sondern auch eine Nachkommenschaft haben, zahllos wie der Sand am Meer und so klein, daß der Wind sie trägt und keine Ritze fein genug ist, um ihnen den Eintritt zu verwehren. Ich werde in einem eigenen Capitel über die Schmarotzerthiere und Schmarotzerpflanzen Gelegenheit haben, die eclatantesten Fälle näher zu besprechen.

Für das Verständniß des Vermehrungsprocesses überhaupt möchte ich dem Leser am Schluß nur noch Folgendes kurz recapituliren. Zwei verschiedenartige Resultate sind es, zu denen die Theilungsfähigkeit der Zelle führt. Legen sich die Theilproducte an einander, so ist das Resultat das Heranwachsen eines mehrzelligen Wesens, trennen sie sich räumlich von einander, so ist die Folge eine Vermehrung der Individuenzahl. Die Verhältnisse und der Zeitpunkt, unter denen und in dem die Abtrennung geschieht, sind außerordentlich mannigfaltig und um dies zu übersehen, haben wir uns Folgendes zum Leitfaden dienen zu lassen.

Zwei Vorgänge wechseln mit einander ab und zwar nach den verschiedenen Lebensperioden jedes Organismus; in der ersten Zeit seines Lebens Wachsthum oder ungeschlechtliche Vermehrung durch einfache Zelltheilung oder Knospung; in späterer Zeit, wenn die Fähigkeit hierzu erschöpft ist, wenn die Zellen eine Auffrischung brauchen, tritt die Befruchtung, die geschlechtliche Vermehrung ein. Der befruchtende Stoff ist eine Inhaltsportion von einer Zelle, die unter andern Verhältnissen existirt hat — ich möchte an die bei den Thierzüchtern übliche Auffrischung des Blutes erinnern — und dies ist die Zeugung. Während nun bei den höheren Thieren und Pflanzen die Zeugung ausschließlich zur Individuenvermehrung, die Zelltheilung ausschließlich zum Wachsthum führt, sehen wir bei den niederen Organismen auch die letztere im Dienste der Vermehrung und dies ist der Grund ihrer complicirten Entwicklungsgeschichte.

XII.

Das Schmarotzerthum.

Es kann keinen schicklicheren Ort geben, um über das Schmarotzerthum zu reden, als am Schluß der Schilderung der mannigfaltigen Mittel und Wege, die der Natur zur Fortpflanzung der Organismen zu Gebot stehen. Ist ja doch das früher im Lichte eines Wunders stehende Auftreten von Schmarotzerthieren abgeschlossen im Innern der Organe erklärt worden durch die merkwürdigen Fortpflanzungsvorgänge dieser Thiere und nicht minder der schmarotzenden Pflanzen.

Man hat öfter philosophirt über die Bedeutung und den Werth des Schmarotzerthums und hat noch bis in die neueste Zeit herein, abgesehen von den früher gehegten sonderbaren Vorstellungen, die Ansicht festgehalten, daß das Auftreten von Schmarotzern nur die Begleitserscheinung einer schon vorhandenen krankhaften Disposition ihres Herbergsvaters sei und dafür eine Reihe von Fällen angeführt, die mehr oder minder entschieden für diese Ansicht sprechen sollten. Der Leser könnte vielleicht denken, daß die Entscheidung dieser Frage ziemlich gleichgiltig sei für das Wohl und Wehe des Menschengeschlechts, und solchen gelehrten Streitigkeiten den Rücken kehren. Allein dem ist nicht so, wie ich an einem ganz bestimmten uns sehr nahe angehenden Fall zeigen kann, ich meine die Krätzkrankheit.

Die Kenntniß des wahren Sachverhalts hat eine ziemlich lange Geschichte. Einige Geschichtsforscher behaupten, daß schon Aristoteles das Thierchen gekannt und Syronea genannt habe. So viel ist sicher, daß lange bevor die exacte Forschung von dem Thiere Kenntniß erhielt, seine Existenz nicht nur Volksglauben war, sondern das Volk bereits von dieser seiner Kenntniß Gebrauch machte. Beweis dafür ist die merkwürdige Geschichte der Entdeckung der Krätzmilbe.

Es war in den 30ger Jahren, als von mehreren Seiten die Behauptung aufgestellt wurde, daß bei der Krätze ein milbenartiges Thier vorhanden sei. Es entspann sich ein Streit darüber, in welchem man die Anhänger der Krätzmilbe auf Escamotagen ertappte, sie demonstrirten Käsemilben statt der Krätzmilben, die sie nicht finden konnten. Ein Vergleich der in Figur 266 abgebildeten Käsemilbe

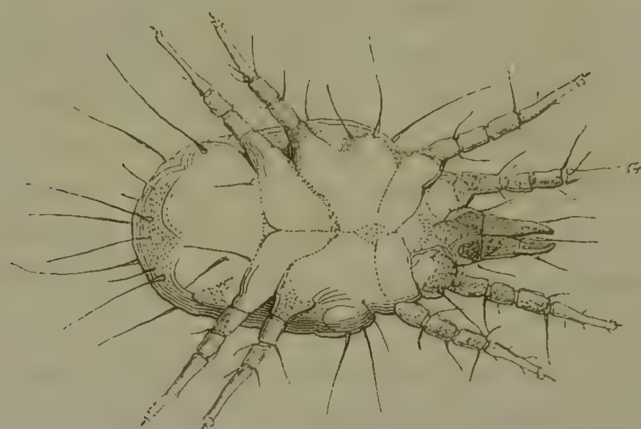


Fig. 266.

mit der bereits in der ersten Lieferung Figur 31 dargestellten Krätzmilbe belehrt den Leser über den großen Unterschied zwischen beiden. Dies hätte beinahe die Entdeckung des wahren Sachverhalts verzögert, wenn sich nicht die Pariser Akademie der Wissenschaften der Sache angenommen und einen Preis für ihre Auffindung ausgesetzt hätte. Der Zufall wollte es, daß in einer Pariser Klinik, als der vortragende Professor über diese Streitfrage sprach, ein polnischer Student zugegen war, der von Haus aus die Sache kannte. Er meldete sich sofort und erbot sich, an dem producirten Kranken die Krätzmilbe in jeder beliebigen Menge nachzuweisen, mit dem Bemerken, bei ihm zu Hause sei es längst Sitte, den Krätzkranken die Milben abzusuchen, wie man es sonst mit den Läusen thut. Der Student hatte Recht, er bekam den Preis und die Existenz der Krätzmilbe war außer Frage. Nun folgte aber ein langer Streit, ob die Krätzmilbe Ursache oder Folge der Krankheit sei und jetzt komme ich auf das, was ich zeigen wollte; die Sache war nicht gleichgiltig. Die frühere Behandlung

der Krätzkrankheit war eine Tortur für Arzt und Patienten, dauerte Wochen und Monate lang, war sehr kostspielig und umständlich. Man wurde mit Abführmitteln aufs äußerste geschwächt, mit den lästigsten und schmerzhaftesten Einreibungen geplagt, und was das Aergste war: in einen Kasten gesetzt, in dem Schwefelschnitten verbrannt wurden, wobei man trotz aller Vorsichtsmaßregeln den Erstickungstod riskirte oder einen Lungenblutsturz in Folge des heftigen Hustens. War die Ansicht, daß die Krätzmilbe nur die Folge der Krankheit sei, die richtige, so mußte mit der Tortur fortgefahren werden, war sie aber Ursache der Krankheit, dann handelte es sich einfach um Vertilgung des Thiers sammt Brut. Der Erfolg sprach für das letztere. Man ist heutzutage im Stande, einen Krätzkranken binnen 24 Stunden zu heilen, vorausgesetzt, daß seine sonstige Constitution den heftigen Hautreiz dieser Behandlung nicht verbietet. Aber selbst dann braucht man die Cur nicht länger als über drei Tage auszudehnen. Sie besteht einfach darin, daß man mittelst grüner Seife und eines Bades die oberste Schicht der Epidermis, unter der die Milbe ihre Gänge gräbt und ihre Eier ablegt, aufweicht und durch Reiben entfernt; hierauf wird die die Milben tödtende Schwefelsalbe aufgestrichen und nach mehrstündiger Einwirkung durch ein zweites Bad sammt den abgestorbenen Thieren entfernt. Damit ist die Cur beendet, denn wenn auch die Haut noch nicht sofort heil ist, so erfolgt die Vernarbung der Geschwüre doch binnen wenigen Tagen von selbst.

Der Grund, warum man so lange vergeblich nach der Krätzmilbe gesucht hat, ist weniger ihre geringe Größe — sie ist für einen kurzsichtigen Menschen und auch für den Fernsichtigen mittelst einer mäßigen Loupe leicht als weißliches Körperchen von der Größe eines Streusandkorns zu erkennen —, es kam vielmehr daher, weil man sie am falschen Orte suchte. So bald die Haut an der Stelle, wo die Milbe sich eingegraben hat, anfängt zu eitern und Borken zu bilden, gefällt es ihr nicht mehr, sie gräbt sich sofort einen Gang nach einer andern Stelle, und wer sie in dem Eiter und unter der Borke sucht, wird nichts finden. Sieht man dagegen von einer sol-

chen Borke aus einen feinen zackigen Canal mit einem weißen Pünktchen an der Spitze, so kann man sicher sein, daß dies letztere die Krätzmilbe ist und es ist wohl möglich, daß es im ersten Beginn der Krankheit, so lange sie noch auf die Hände beschränkt ist, gelingen kann, durch länger fortgesetztes Absuchen die Krankheit zu unterdrücken. Doch genug von der Krätzmilbe, die nebenbei gesagt, in mehreren Arten und Gattungen auf einer ziemlichen Reihe von Thieren vorkommt. Mit Bezug auf die Bedeutung des Schmarotzerthums steht so viel jetzt bei der Mehrzahl der Naturforscher fest, daß eine Reihe von schmarotzenden Geschöpfen vollkommen gesunde Thiere und Pflanzen befällt — und zwar mit Vorliebe ganz gesunde — und dann je nach ihrer Natur die Ursache einer Krankheit wird. Andererseits steht aber auch wieder fest, daß einige Schmarotzer besonders gern bei schon vorher kranken Organismen auftreten. So ist z. B. der Schmarotzerpilz, der die Pithyriasis versicolor genannte Hautkrankheit erzeugt, meist nur eine Begleitserscheinung von Krankheiten, die ohnedies mit Schwächung des Körpers verbunden sind, so besonders der Schwindsucht, kommt aber doch auch oft bei sonst gesunden Personen vor. Zwischen diesen zwei Fällen mitten inne steht eine dritte Kategorie von Schmarotzern, bei denen man noch nicht entscheiden konnte, in welchem Verhältniß sie zum Krankheitsproceß stehen. Wie haben wir uns dies zurechtzulegen? Einfach so: Jeder Thier- und Pflanzenkörper verhält sich, sei er nun gesund oder krank, den Schmarotzern im Allgemeinen gegenüber als eine Localität, in der sie die Bedingungen ihrer Existenz finden. Es ist nun nichts natürlicher, als daß die einen die Existenzbedingungen vorziehen, die ein gesunder Organismus gewährt, während die andern speciell durch Krankheitsproceß in ihrem Fortkommen förderlich unterstützt werden, wie z. B. der Pilz der Pithyriasis versicolor durch die seine Keimung begünstigende Feuchtigkeit, welche das häufige Schwitzen schwindsüchtiger Personen liefert.

Wir haben es also nicht mit einem allgemeinen Gesetz zu thun, sondern in jedem Fall, wo ein Schmarotzer vorkommt, mit der prak-

tischen Frage: 1) was sind seine Existenzbedingungen und wie können diese beseitigt werden? und 2) was ist die Folge seiner Anwesenheit für den Organismus, auf dem er schmarotzt? Es muß also in jedem einzelnen Falle der Streit von Neuem entschieden werden, ob er Ursache oder Folge der Krankheit ist oder unter Umständen beides zugleich. Für den Arzt ist es glücklicherweise zunächst ziemlich gleichgiltig, ob das eine oder das andere stattfindet. Er hat immer von der Ansicht auszugehen, daß der Schmarotzer zum Mindesten überflüssig ist und daraus erwächst für ihn unter allen Umständen die Aufgabe, ihn mit möglichster Schonung des Herbergsvaters zu entfernen.

Für den Naturforscher stellt sich die Sache so: Die außerordentliche Häufigkeit und Verbreitung des Schmarotzens — es giebt fast kein Thier, welches nicht seine Schmarotzer und zwar meistens besondere hätte, ja bei den meisten finden wir sogar eine Menge verschiedener Arten — findet seine Erklärung darin, daß das Schmarotzerleben ein äußerst bequemes ist. Ein Organismus ist ja nichts anderes als ein Zellstaat, so geordnet, daß jede einzelne Zelle die Bedingungen ihrer Existenz dort findet, wo sie ist. Da der Schmarotzer auch nichts weiter ist als eine Zelle oder ein Zellstaat, so wird er sich da leicht wohl befinden, wo es anderen Zellen wohl ist. Er ist der Mühe enthoben, sich seine Nahrung zu suchen und zuzubereiten, ja er ist sogar meistens der Mühe überhoben, sie zu fressen — bekanntlich giebt es eine Reihe von Schmarotzern ohne Darmcanal — die Zellen, aus denen er besteht, nähren sich direct von der Gewebsflüssigkeit des Wohnthieres.

Es ist eine allgemein bekannte Sache, daß bei dem ungeheuren Ausbreitungsvermögen, das alle Organismen in Folge ihres Vermehrungsprocesses besitzen, sehr bald alle Ecken und Winkel der Welt, wo überhaupt die Bedingungen für organisches Leben vorhanden sind, von Organismen bevölkert werden. Was Wunder, wenn die Organismen selbst, in denen ja die allergünstigsten Bedingungen für organisches Leben oder, um mich bestimmter auszudrücken, für den Aufenthalt von Zellen vorhanden sind, mit schmarotzenden Individuen

bevölkert werden. Ist ja doch kein Thier und keine Pflanze Selbstzweck, sondern besteht, weil die Bedingungen seiner Entstehung und die Bedingungen seiner Existenz vorhanden sind, und in dem Moment, wo es besteht, ist jedes organische Wesen wieder Existenzbedingung für andere. Der Pseudonym Dr. Supinator Longus hat uns dies in einem launigen Gedicht „der Mensch und der Parasit" mit folgenden Strophen an's Herz gelegt:

„Nun Mensch, wo bleibt dein Uebermuth so keck,
Meinst du vielleicht, du seist dir selber Zweck?
Nichts, nichts ist deine liebliche Gestalt,
Als nur ein Parasitenaufenthalt,
Ein zweigebeint Helminthenfutteral,
Ein wacklig und baufällig Miethlocal.„

XIII.

Eintheilung der Schmarotzer.

Selbstverständlich ist es unmöglich, auf dem engen Raume, den wir hier der Betrachtung des Schmarotzerthums widmen können, alle Verhältnisse dieser interessanten Erscheinung zu erörtern, ja selbst unter dem, was sich der Beobachtung mit bloßem Auge entzieht, muß eine sorgfältige Auswahl gehalten werden, da der Raum kaum für das Wichtigste und Nothwendigste reicht.

Bei der Eintheilung der Schmarotzer unterscheidet man gewöhnlich, ob sie auf der Oberfläche des Körpers schmarotzen oder im Innern desselben. Die ersteren nennt man, wenn es Thiere sind, Epizoen, sind es Pflanzen, Epiphyten und im Gegensatz hierzu werden die Binnenschmarotzer Entozoen und Entophyten genannt. So ist z. B. der Bandwurm durchaus ein Entozoon, dagegen die Familie der Läuse, von denen es, beiläufig gesagt, eine ziemliche Anzahl

von Gattungen und Arten giebt, reine Epizoen. Ganz stichhaltig sind natürlich solche Eintheilungen nie; so ist die Krätzmilbe, von der wir im vorigen Abschnitt sprachen, ein Mittelding; sie minirt in den oberflächlichsten Schichten der Oberhaut, sitzt also weder auf der Oberfläche noch im Innern des Leibes, sondern inzwischen und selbst die eigentlichen Läuse, wenn sie in großen Massen auftreten, können Löcher in die Oberfläche der Haut einfressen.

Ein anderer Unterschied in Bezug auf den Aufenthaltsort ist praktisch von großer Wichtigkeit, nämlich ob der Schmarotzer seinen Lebenslauf auf einem und demselben Wesen abwickelt, oder ob er zur Vollendung desselben einer Wanderung über ein oder mehrere andere Thier- oder Pflanzenarten bedarf. Früher kannte man nur das Erstere, während die Forschungen der Neuzeit immer mehr Fälle aufweisen, wo das Letztere die Regel ist. Wir werden später noch auf diese merkwürdige Erscheinung ausführlicher zu sprechen kommen.

Ein anderer Fall des Schmarotzens ist der, wo ein Thier nur in einer bestimmten Periode seines Lebens Schmarotzer ist. So leben z. B. die Larven der Schlupfwespen parasitisch in den Eingeweiden von Raupen, während sie als vollständige Insecten frei umherfliegen. Bei andern findet wieder das Umgekehrte statt: sie leben in ihrer Jugend frei und werden erst später zu Schmarotzerthieren degradirt. So ist's bei den zu den Krebsen gehörigen Fischläusen und manchen Fadenwürmern, unter anderen dem weißen Mastdarmwurm des Menschen, der seine Jugend im Sumpfwasser verlebt.

Weiter verhalten sich die Schmarotzer verschieden in Bezug auf die Gefährlichkeit, die sie für das Leben des Wohnungsthieres haben. Während manche nur dann von übler Einwirkung auf das Wohlbefinden sind, wenn sie in zu großer Menge auftreten, haben andere, wie z. B. die Schlupfwespen, unweigerlich den Tod des Wohnungsthiers zur Folge.

Wollen wir die Schmarotzerorganismen systematisch eintheilen, so giebt es 1) Pflanzen, die auf Pflanzen schmarotzen, 2) Thiere, die sich bei andern Thieren einquartieren, 3) Pflanzen, die den Kör-

per von Thieren zu ihrem Aufenthalt wählen, und endlich 4) Thiere, die wenigstens einen Theil ihrer Lebenszeit im Innern von Pflanzen zubringen.

Unter den Pflanzen stellen die Pilze das größte und gefährlichste Contingent zu den Schmarotzern, unter den Thieren haben wir eine große, aus mehreren Familien bestehende Abtheilung, die fast ausschließlich Schmarotzer sind. Man würde aber groß irren, wenn man glauben würde, das Schmarotzerthum sei auf wenige Familien und Gattungen beschränkt. So wie kein einziges Thier- und Pflanzengeschlecht, ja fast kein Individuum von Schmarotzern verschont ist, so stellt auch fast jede größere Abtheilung organischer Wesen ihr Contingent zu den Schmarotzern, von den zu den Infusorien gehörigen Polypenläusen angefangen bis hinauf zu den blutsaugenden Fledermäusen — und vom niedersten Schimmelpilz bis hinauf zu den schmarotzenden Orchideen.

Daraus mag der Leser entnehmen, welch unendlich wichtige Rolle das Schmarotzerwesen spielt, und daß eine vollständige Schilderung desselben zusammenfallen würde mit einer eingehenden Beschreibung des ganzen Haushalts der Natur. Ich will mich deshalb darauf beschränken, im Folgenden einige der wichtigeren Fälle kurz anzuführen und nur einige wenige ausführlicher zu beschreiben.

XIV.

Die Epizoen.

Von den Epizoen, zu denen bei den Luftthieren die Milben (Krätzmilbe, Zecke, Käferlaus), dann die Insecten mit mehreren Abtheilungen, den Läusen, Wanzen und Fliegen (Schwalbenlaus), ihr Contingent stellen, während auf den Wasserthieren Krebse, Würmer,

Muscheln, Schnecken, Hydroidpolypen, Bryozoen u. s. f. schmarotzen, will ich hier nur einen Repräsentanten abbilden, die beim Menschen unter der Achselhöhle, den Augenbrauen und zwischen den Scham-



Fig. 267.

haaren schmarotzende Filzlaus (Fig. 267), um dem Leser einen Begriff zu geben, wie barock und fürchterlich unter dem Mikroskop sich die kleinen Feinde des Menschengeschlechtes ausnehmen. Die Lebensgeschichte aller Läusearten ist eine höchst einfache. Sie kleben ihre mit einer starren Chitinhülle umgebenen Eier an die Federn oder Haare des Wohnungsthiers (siehe Fig. 268 das Ei einer Filzlaus an einem Haare befestigt) und ihr ganzer Lebenslauf beginnt und endet auf ihrem Wirthe. Anders bei Floh und Zecke. Der erstere legt seine Eier, aus denen kleine, weiße, fußlose Maden auskriechen, in die Ritzen und Spalten der Gebäude und an die Nähte der Matratzen und abgenähten Couverte, während die Zecke ihre Jugend im Wald auf den Gesträuchen zubringt und dann vorübergehende warmblütige Thiere als Schmarotzer befällt. Die in gewissem Sinn noch zu den Epizoen gehörige Krätzmilbe habe ich bereits be-



Fig. 268.

schrieben und in Figur 31 abgebildet und desgleichen die Haarsackmilbe in Figur 190. Von den Epizoen anderer Thiere müssen wir natürlich absehen. Ueber sie bemerke ich nur, daß die colossalsten Fälle von Epizootie bei den Seethieren vorkommen. Es giebt da Thiere, wie die zu den Mollusken gehörige Cynthia microcosmus, deren Leib dergestalt von Schmarotzern überzogen ist, daß man eigentlich von ihm selbst nichts zu sehen bekommt; die Zahl der mikro- und makroskopischen Schmarotzerthiere nach Gattungen, Arten und Familien ist so groß, daß man wohl sagen kann, das Thier trage eine Welt im Kleinen.

Die Epizoen nähren sich entweder von der natürlichen Hautabschuppung und den Absonderungsproducten der Hautdrüsen, wie z. B. die Vogelläuse, oder sie sind mit Rüsseln bewaffnet, die sie durch die Epidermis in die darunter liegende Lederhaut einsenken, um dort aus den kleinen Gefäßen, die sie verwunden, das Blut zu saugen. Zu den letzteren gehören die Flöhe, Wanzen, dann die Stechschnacken 2c. Wieder andere wie die Rinderbremsen bohren ihre Eier mit dem Legstachel in die Haut des Rindes, wo dann die Larven schmarotzen, oder sie legen ihre Eier an den Eingang der Nasenhöhle, von wo aus die ausgeschlüpften Larven einwärts kriechen, um im Rachen dieser Thiere zu schmarotzen.

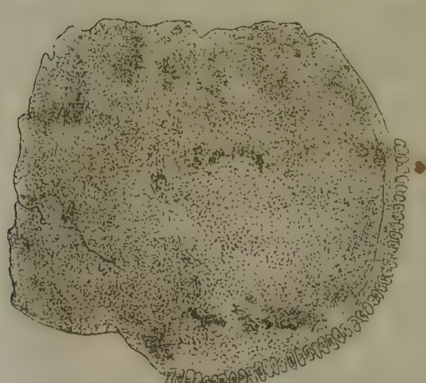


Fig. 269.

Zu den Epizoen im weiteren Sinn gehört auch der Blutegel. Figur 269 stellt eins der Zähnchen vor, die am Eingang seines Mundes sitzen und deren sägezahniger Rand die Hautwunde schneidet, aus der der Egel das Blut zieht. In der Freiheit nähren sich diese Thiere von dem Blut der Kühe, Pferde und anderer warmblütiger Thiere, welche die von ihnen bewohnten Sumpfgewässer betreten. Einmal vollgesogen können sie monatelang hungern, was ihnen natürlich bei der Unsicherheit der Nahrungsaufnahme sehr zu Statten kommt.

Es ist ein großartiger Einblick in den Haushalt der Natur, den uns die Verhältnisse des Schmarotzerthums gewähren. Wenn es sich um den Kampf um's Dasein handelt, da denken wir gewöhnlich nur an die großen Räuber, die im Kampf das schwächere und kleinere Thier überwinden; das ist aber nur der geringere Theil des allgemeinen Krieges. Viel wichtiger, einflußreicher und interessanter sind jene Kämpfe des scheinbar Schwachen und Kleinen gegen die, die sich die Herren der Erde dünken. Welch bewundernswürdiger Aufwand von List, welch geschickte Werkzeuge gehen hier aus der unerschöpflichen Rüstkammer der Natur hervor, um die Existenz des Kleinen zu sichern gegen die Uebermacht jener großen Raufbolde, welche binnen Kurzem die Erde kahl fressen würden, säße ihnen der tödtende Feind nicht im Fell und den Eingeweiden.

XV.

Der Bandwurm.

Wie billig stelle ich unter den Entozoen den Bandwurm voran, da er nicht nur einer der wichtigsten, wenn auch nicht schädlichsten Schmarotzer beim erwachsenen Menschen ist, sondern auch hauptsächlich deshalb, weil die Entzifferung seiner Lebensgeschichte epochemachend für die Kenntniß der Binnenschmarotzer überhaupt war. Von daher datiren sich die emsigen Forschungen auf dem Gebiet der Helminthologie, die mit der Entdeckung der Trichinen ihren höchsten Triumph gefeiert haben.

Vom Bandwurm kommen beim Menschengeschlecht mehrere Arten vor, nämlich die Taenia solium als häufigster Bandwurm in Europa, die Taenia mediocellanata ohne Hackenkranz im Osten Europas und in Afrika, sodann die Finnen von Taenia marginata und

einigen andern Arten und endlich der hackenlose Bothryocephalus latus, der nur gewisse Gegenden Europas, die Westschweiz mit den angrenzenden französischen Districten, die nordwestlichen und nördlichen Provinzen Rußlands, Schweden und Polen, ferner Ostpreußen und Pommern bewohnt.

Zur Beschreibung wählen wir den häufigsten derselben, dessen Geschichte am vollständigsten bekannt ist. Doch will ich zuvor eine Bemerkung über den anatomischen Bau vorausschicken, die für die Bandwürmer im Allgemeinen gilt. Diese Thiere bestehen aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, dem sogenannten Kopf und den Gliedern. Der erstere ist der wichtigste Theil, indem er es ist, der die Glieder durch eine Art von Knospungsproceß aus sich erzeugt. Das junge Thier hat nämlich noch keine Glieder, es besteht blos aus dem Kopfe, an dem ein blasiger Anhang sich befindet, und wenn er wächst, sieht man das Anhängsel des Kopfes immer länger werden, indem es sich der Quere nach in Glieder theilt, denen da, wo der Kopf ansitzt, immer neue und neue folgen. Dem Kopf fehlt jegliches Eingeweide, denn vier Canäle, die ihn der Länge nach durchziehen, können wir nur als Lücken im Gewebe bezeichnen. An seinem vorderen Ende besitzt er vier Saugnäpfe, und wie es Figur 270 zeigt, viele Arten noch einen Kranz von hornigen Hacken, mit denen sie sich in dem Darmcanal ihres Wirthes festhalten können.


Fig. 270.

Die Glieder, von denen eines in Figur 271 A abgebildet ist, sind unter sich ganz gleich gebaut. Die von Muskelfasern und Kalkkörperchen durchsetzte Haut umschließt einen schmalen Raum, der außer zwei durch ein Quergefäß (n) verbundenen Längsgefäßen (m) nichts anders enthält, als die Fortpflanzungswerkzeuge. In jedem Glied sind männliche und weibliche Apparate, die in einem ganz eigenthümlichen Zusammen-

hang stehen. Beide Geschlechtsapparate beginnen mit dem Cirrhusbeutel (a); zu dem männlichen Geschlechtsapparat gehört nun zunächst der Samenleiter (b), der sich, in der Mitte des Leibes angekommen, baumförmig verästelt in äußerst dünne Canäle, die am Ende ihrer Zweige eine große runde Blase tragen, in der die Samenfäden reifen. (Ich bemerke, daß in der Figur nur der kleinste Theil derselben gezeichnet ist.) Der weibliche Geschlechtsapparat beginnt an dem Cirrhusbeutel mit einem engen Canal (d), der an seinem Ende eine blasenförmige Auftreibung, die sogenannte Samentasche (e) besitzt. Dieser Gang theilt sich jetzt in zwei Canäle, die zu zwei oder richtiger gesagt drei ganz verschiedenen Theilen führen. Der eine, nachdem er sich schlingenförmig umgebogen, theilt sich in einen rechten und linken Ast, von dem jeder zu einer traubigen Drüse (f), dem sogenannten Dotterstock, sich entfaltet. Der andere geht nach abwärts und theilt sich jetzt wieder in zwei Canäle; von denen zieht der eine nach rückwärts zu einem netzförmig verästelten Drüsenkörper (g), dem Keimstock, der andere (h) ist ein ziemlich starkes Rohr, welches in der Mittellinie des Gliedes bis zum vordern Ende hinzieht und wie auf der kleinen Nebenfigur B dargestellt ist, nach rechts und links zahlreiche unregelmäßige Seitenzweige besitzt. Dies letztere Organ ist die Gebärmutter, in welcher die Eier sich entwickeln.

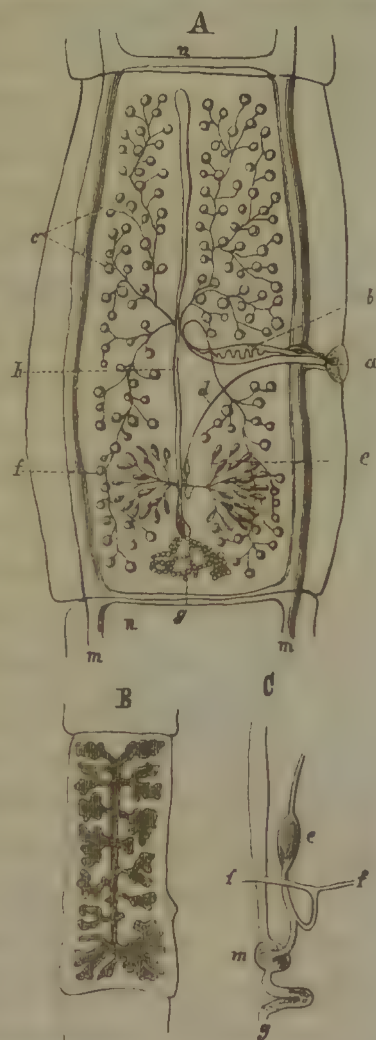


Fig. 271.

Zum Verständniß dieses complicirten Baues muß bemerkt werden, daß das Ei eines Bandwurms aus zwei Theilen gebildet ist,

die an verschiedenen Orten entstehen. Das Keimbläschen stammt aus dem Eierstock (g), der Dotter, der sich um das Keimbläschen herumlegt, wird gebildet in dem Dotterstock (f). Zum Verständniß des Hergangs der Eibildung und Befruchtung diene die Nebenfigur C. f f sind die beiden Ausführungsgänge des Dotterstocks, g der Ausführungsgang des Eierstocks, e ist die Samentasche. In der rundlichen Anschwellung (u) tritt von g her das Keimbläschen, von f her der Dotter, von e der befruchtende Samenfaden, also alle die Theile, die zu einem befruchteten Ei gehören. Das fertige Ei geht jetzt nach h in die Gebärmutter, um dort zu reifen.

Während also bei den meisten Thieren nur zwei Elemente nothwendig sind zur Bildung eines befruchteten Eies, müssen hier drei zusammentreten. Es ist, als ob zwei nicht genug wären, um die colossale Zahl von Eiern zu Stande zu bringen, die in einem einzigen Bandwurmglied in die Millionen geht.

Jedes solche Glied ist eigentlich ein Geschöpf für sich, sind ja doch alle ganz gleich gebildet und es äußert diese Selbstständigkeit dadurch, daß es sich, wenn es gereift ist, aus der Verbindung mit den andern loslöst, um mit dem Koth des Wirthes entleert zu werden. Dort sieht man dann diese sogenannten Proglottiden oft mehrere Stunden lang sehr lebhaft sich winden und krümmen, wobei sie eine milchige Flüssigkeit entlassen, die nichts Anderes ist, als der von reifen Eiern wimmelnde Inhalt des Fruchthälters.

Nun beginnt für das Ei ein weiter gefahrvoller Weg, den zurückzulegen ihm nur durch zwei Umstände möglich ist, durch eine außerordentliche Lebenszähigkeit und durch die ungeheure Zahl, in der die Eier vorhanden sind. Soll nämlich das Ei sich weiter entwickeln, so muß es von einem Schweine gefressen werden. Dies geschieht natürlich dann am leichtesten, wenn die Eier mit dem Inhalt der Abtritte auf Nahrungspflanzen des Schweins gelangen. Die Sitte, den Menschenkoth als Dünger in den Gärten zu verwenden und den Abfall des Grünzeugs als Schweinefutter zu benützen, spielt also eine nicht unwichtige Rolle im Lebenslauf der

Bandwürmer. Ein directerer Weg ist der, daß das Schwein da, wo es freien Lauf hat, Menschenkoth sammt Bandwurmeiern frißt.

Die ersten Stadien der Entwicklung des Eies, nachdem es in den Leib des Schweins gekommen, sind noch wenig bekannt, nur daß ein mit sechs Kopfhacken versehener Embryo auskriecht, der zur sogenannten Finne sich umgestaltet, und welcher man erst wieder außerhalb des Darms im Zellgewebe begegnet; es muß also das junge Thier nach seinem Ausschlüpfen durch die Wandungen des Darms, gerade so wie die jungen Trichinen, sich durchbohren. Die Finne oder, wie sie auch genannt wird, der Blasenwurm stellt in ihrer frühesten Entwicklungsstufe ein blasiges Körperchen vor von 1 Millimeter Durchmesser, an dem (siehe Fig. 272 A) bei x eine zapfige Wucherung in das Innere der Blase bemerkt wird.



Fig. 272.

Dieser Zapfen, den Figur 272 B, C, D in seiner Weiterentwicklung darstellt, ist der künftige Kopf des Bandwurms. Zu bemerken ist, daß eine Finne mehr als einen Kopfzapfen an sich entwickeln kann.

In diesem Zustande ist das Thier an seinen Wirth so lange regungslos gefesselt, bis der Tod des Wirthes ihm einen Ausweg verschafft. Wird nämlich die Finne des Schweins mit dem rohen

Fleisch von einem Menschen gegessen, dann stirbt die Blase, die den Kopf einschließt, von den Verdauungssäften des Menschen gelöst, ab, der Kopf wird frei und wächst jetzt aus zum geschlechtsreifen Bandwurm. Die Lebenszähigkeit der Finne ist jedoch eine weit geringere als die der Trichinen. Während die letzteren beim Braten nicht getödtet werden, stirbt sie bei dieser Procedur sicher. Deshalb ist nur der, der rohes Schweinefleisch ißt, der Gefahr ausgesetzt, den Bandwurm zu bekommen.

Der Bandwurm braucht somit zur Abwicklung seiner Lebensgeschichte zwei Organismen. Der Mensch ist der Wirth des geschlechtsreifen Wurms, das Schwein der Träger der ungeschlechtlichen Finne. Festgestellt wurde diese Entwicklungsgeschichte, indem man Schweine durch Fütterung von Menschenbandwürmern finnenkrank machte und umgekehrt einige zur Hinrichtung bestimmte Verbrecher durch Fütterung von finnigem Schweinefleisch bandwurmkrank.

Weiter ist nachgewiesen, daß die Taenia mediocanellata, die am häufigsten in Abessynien vorkommt, das geschlechtsreife Thier einer Finne ist, die im Rindvieh vorkommt. Doch sind die Fälle in Europa glücklicherweise selten, und ich möchte deshalb keinem meiner Leser in Europa dadurch den Genuß des rohen Rindfleisches verleiden.

Der Mensch steht übrigens, was seine Schmarotzer anbelangt, noch mit einem andern Hausthiere in Wechselbeziehung, nämlich mit dem Hunde, nur mit dem Unterschiede, daß hier der Hund den geschlechtsreifen Bandwurm führt und der Mensch seine Finne beherbergt. Das betreffende Thier ist der Blasenbandwurm. Die Finne dieses Wurmes findet sich beim Menschen vorzugsweise in der Leber, dann auch in Lunge, Unterhautzellgewebe, den Nieren, Gehirn und Rückenmark, und zeichnet sich durch die große Menge der Bandwurmköpfe aus, die sich in ihm entwickelt. Da die Finnen keine Wanderungsfähigkeit besitzen, so ist der Mensch verurtheilt, den Schmarotzer bis zu seinem Tode zu beherbergen, wenn nicht, was selten gelingt, operative Eingriffe ihn entfernen, oder, was noch

seltener ist, die Echinococcusblase durch Eiterungsprocesse nach außen sich öffnet.

Ein zweiter Bandwurm des Hundes, die Taenia marginata, giebt ihre Finne zwar in der Regel an Wiederkäuer und Schweine, unter den erstern besonders an das Schaf, ab, aber gelegentlich hat man sie auch im Netze des Menschen gefunden und ich bemerke, daß der Drehwurm des Schafes, der die bekannte Drehkrankheit erzeugt, die Finne eines Bandwurms vom Hunde ist, der Taenia coenurus. Ihren Kopf habe ich oben in Figur 270 abbilden lassen.

Diese Wechselwirthschaft zwischen Finne und Bandwurm zieht sich durch eine große Reihe von Thieren hin und hierbei gilt als allgemeine Regel, daß die Finne ihre Herberge in dem Leib eines Pflanzenfressers aufschlägt, während der Bandwurm bei den Fleischfressern wohnt. Beim Menschen tritt somit auch in dieser Beziehung klar zu Tage, daß er für gemischte Nahrung geschaffen ist. In seiner Eigenschaft als Fleischfresser bezieht er vom Schwein und Rind seinen Bandwurm, in seiner Eigenschaft als Pflanzenfresser vom Hund seine Finne.

Zum Schluß bemerke ich noch, daß derjenige Bandwurm des Menschen, den ich schon oben unter dem Namen Bothryocephalus latus anführte, in Bezug auf seine Abstammung noch nicht genau durchforscht ist. Außer andern Umständen spricht die Thatsache, daß sein Vorkommen sich auf die Küstenländer beschränkt, für die Annahme, daß seine Finne einem Seefisch angehört.

Fassen wir also das Gesagte kurz zusammen, so hat der Bandwurm fünf verschiedene Lebenszustände: der sechshackige Embryo wird zum vielköpfigen Blasenwurm, dieser löst sich auf in die einzelnen Bandwurmköpfe (Scolex), von denen jeder zum Kettenwurm heranwächst. Die einzelnen Bandwurmglieder (die Proglottiden) lösen sich von der Kette ab, um außerhalb des Wirthes die Aussaat der Eier zu besorgen. Die zwei ersten Stadien bewohnen das Innere eines Pflanzenfressers, die drei letzteren wohnen im Darmcanal des Fleischfressers. Doch muß bemerkt werden, daß

ausnahmsweise diese Wanderung fehlt, daß das Bandwurmei schon im Darm des Fleischfressers auskriecht und als Finne bei ihm sich niederläßt. Diese Ausnahme zeigt uns, daß die Natur sich selten auf ein Mittel allein verlegt, ihr ist jeder Weg recht, der zum Ziele führt.

XVI.
Die Trichine.

Keine Entdeckung des Mikroskops hat in weiteren Kreisen die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gezogen, als die der Trichinen. Bei der großen Publicität, die den einschlägigen Beobachtungen in der letzten Zeit gegeben worden ist, könnte es eigentlich überflüssig erscheinen, in diesem Buche noch einmal ausführlicher die Sache zu besprechen; allein abgesehen davon, daß es zur Vollständigkeit gehört und daß hier einer der merkwürdigsten Fälle von Schmarotzern vorliegt, wird es für manchen Gebildeten Bedürfniß sein, das Wichtigste davon in einem Buche seiner Bibliothek zu finden, das nicht, wie die Tagesliteratur, bestimmt ist, den Weg alles Fleisches zu wandeln.

Die Zoologen kennen dieses Thier bereits seit dem Jahre 1834, allein seine Bedeutung für Leben und Gesundheit des Menschen wurde erst im Jahre 1860 von zwei um die Kenntniß der menschlichen Parasiten auch sonst hoch verdienten Naturforschern, Leukart und Zenker, richtig erkannt und einige Jahre darauf durch mehrere erschreckende Epidemien vollständig bestätigt. Die Geschichte der Entdeckung ist werth, etwas genauer mitgetheilt zu werden.

Leukart hatte durch Fütterungsversuche von trichinenhaltigem Menschenfleisch an Hunde und Schweine festgestellt, daß die Einwanderung der jungen, im Darm geborenen Trichinen mit bedeuten-

den Krankheitserscheinungen verbunden sei, ja den Tod des befallenen Thieres zur Folge haben könne. Im gleichen Jahre wurde in das Dresdener Stadtkrankenhaus ein zuvor völlig gesund gewesenes Dienstmädchen gebracht, das plötzlich unter den heftigsten, typhusähnlichen Erscheinungen erkrankt war. Auffällig konnte man nur die großen Schmerzen in allen Muskeln nennen. Nach wenigen Tagen erfolgte der Tod des Mädchens, und Zenker, der durch briefliche Mittheilungen von Leukart bereits auf die Trichinen aufmerksam gemacht war, fand bei der mikroskopischen Untersuchung des Fleisches Millionen dieser Thiere. Erkundigungen ergaben, daß in dem Hause ein Schwein geschlachtet war, von dessen rohem Fleisch das Mädchen, der Fleischer und mehrere Mitglieder der Familie beim Wurstmachen gegessen hatten, daß in Folge davon alle diese Personen mehr oder weniger erkrankt waren, alle mit Steifigkeit und Schmerzhaftigkeit der Muskeln, und endlich, daß ein von jenem Schwein noch übriger Schinken mit zahllosen Trichinen durchsät war.

Dieser Fall rief natürlich die Aufmerksamkeit aller naturwissenschaftlichen und medicinischen Kreise in hohem Grade hervor. Bald mehrten sich nicht nur die Fälle, in denen die Anwesenheit von Trichinen als Ursache schwerer Erkrankung nachgewiesen werden konnte, und zwar theils durch Untersuchung des genossenen Fleisches, theils indem man mit einem eigens hierzu construirten Instrument den Erkrankten kleine Portionen von Muskelfleisch entnahm und darin die Trichinen sah. Ferner wurde durch Hervorsuchung alter Krankengeschichten zur Gewißheit erwiesen, daß es bereits früher bedeutende Trichinenepidemien gab, die aber nicht erkannt, sondern bald als Typhus, bald als Gicht behandelt worden waren. So waren einmal in Blankenburg in einer Kaserne schon im Jahre 1858 nicht weniger als 278 Soldaten erkrankt, von denen glücklicherweise keiner starb. Einen von ihnen konnte man noch ermitteln und ihm mittelst einer Harpune im Jahre 1864 eingekapselte und noch lebende Trichinen entnehmen.

Die erste große Trichinenepidemie brach im Jahre 1863 aus;

in Hettstätt und Umgegend erkrankten nach einem großen, zu Ehren der Leipziger Schlacht veranstalteten Festessen nicht weniger als 159 Personen, von denen 28 starben. Die Veranlassung war, wie sorgfältige Untersuchungen ergaben, ein am 6. October geschlachtetes trichinöses Schwein, dessen Fleisch zu der damals servirten Schwartenwurst verarbeitet wurde. Man wies die Trichinen noch in den übrig gebliebenen Würsten nach. Nach anderen, kleineren Epidemien, die immer einige Todesfälle im Gefolge hatten, brach die größte, bisher beobachtete Epidemie im Herbste des Jahres 1865 in Hedersleben unter den dortigen Fabrikarbeitern aus. Es herrscht dort die Sitte, rohes Hackfleisch zu essen, und binnen Kurzem waren nahezu 500 Personen an Trichinen erkrankt. Nach dem ausführlichen Bericht, den der behandelnde Arzt, Dr. Kratz, über diese Epidemie veröffentlicht hat, starben davon nicht weniger als 100 Personen.

Diese Epidemie war das Signal zu einer allgemeinen Panique. Jeder, dem sein Leben lieb war, verweigerte den Genuß von Schweinefleisch, sei es in welcher Form es wolle, und der Nationalwohlstand stand in Gefahr, eines seiner billigsten und beliebtesten Nahrungsthiere zu verlieren. Glücklicherweise ist jetzt eine ruhigere Stimmung eingetreten und zwar theilweise in Folge davon, daß die Behörden wirksame Maßregeln ergriffen, um das drohende Damoklesschwert auszulösen.

Gehen wir nach dieser historischen Einleitung über zu der Lebensgeschichte dieses malitiösen Schmarotzers.

Untersucht man trichinenhaltiges Muskelfleisch unter dem Mikroskop, so bekommt man bei 50facher Vergrößerung ein Bild, wie es Figur 273 zeigt. Zwischen den quergestreiften Muskelfasern liegt eine Anzahl eiförmiger Kapseln, die ohne weitere Behandlung trüb und undurchsichtig sind, aber nach Entfernung des diese Trübung verursachenden Kalkes durch Anwendung von Säuren die spiralig aufgerollten Muskeltrichinen erkennen lassen.

In diesem Zustand ist die Trichine zu einem unthätigen Leben verdammt, da sie weder die Mittel, noch den Willen besitzt, sich aus

dem freiwillig gewählten Gefängnisse zu befreien. Sie bringt es nicht einmal zur Entwicklung von Geschlechtswerkzeugen, sie ist im sogenannten ungeschlechtlichen Jugendzustande als eine Art Larve, und wenn keine künstliche Befreiung eintritt, so geht die Muskeltrichine, allerdings erst nach vielen Jahren, durch die in ihrer Cyste eintretende Verkalkung zu Grunde.



Fig. 273.

Zu neuem Leben erwacht sie, sobald das Fleisch des Thieres, in dem die Trichine schmarotzt, von einem andern gefressen wird. Die Kapsel, in der sie sitzt, wird durch die Verdauung aufgelöst, und jetzt ist ihr's so wohl, wie einem Winterschläfer, wenn ihn die Frühlingslüfte wecken. Nach einigen Tagen sind die ursprünglich ½—1 Millimeter großen Würmchen zu geschlechtsreifen Thieren herangewachsen, von denen das Weibchen (Fig. 274 A) 2½ bis 3½ Millimeter lang ist, während das Männchen (B) höchstens 1½ Millimeter erreicht. Die Männchen sterben gleich nach der Begattung, die Weibchen erst, wenn sie ihre Jungen gereift und geboren haben. Die Brut ist ungeheuer zahlreich, obwohl in dem Leib des Weibchens auf einmal nur etwa 80 Eier und Junge Platz haben, so dauert doch die Neubildung von Eiern mehrere Wochen fort und so können allmählig mehrere Tausend Junge von einem Weibchen geboren werden. Die Trichine ist nämlich lebendig gebärend. — Wenn das Thierchen geboren ist (Fig. 274 C), so bohrt es sich sofort durch die Darmwand des Wirthes durch, indem es sich mit seinem spitzen Kopfende einen Weg bahnt, bis es endlich auf quergestreifte Muskelfasern trifft, in deren Inneres es sodann eindringt. Die Trichinen sitzen also nicht wie die Finne in dem Zellgewebe zwischen den Muskel-

fasern, sondern in diesen selbst, was natürlich eine Störung ihrer Verrichtung zur Folge hat; daher die Steife und Schmerzhaftigkeit der Muskeln bei der Trichinenkrankheit. Die Menge der Schmarotzer in einem von ihnen befallenen Thiere kann einen geradezu fabelhaften Grad erreichen. Professor Kühn hat bei einer Reihe von Schweinen durch zahlreiche Proben festgestellt, daß durchschnittlich in einem Pfund Fleisch über fünf Millionen Trichinen vorhanden sein können, ja in einem Falle fand er in den Zwischenrippenmuskeln nahezu eilf Millionen pro Pfund. Es wird dies nur begreiflich, wenn wir bedenken, daß einmal die Zahl der Jungen jedes einzelnen Thiers sehr beträchtlich ist und daß hier nicht, wie in der freien Natur, die Jungen tausenderlei Gefahren ausgesetzt sind, bis sie an den Ort ihrer Bestimmung gelangen; weiter müssen wir bedenken, daß die Trichine so klein ist, daß erst etwa 6000 Millionen ein Pfund wiegen.



Fig. 274.

Dieser Sachverhalt macht es uns erklärlich, daß sehr wenig trichinöses Fleisch genossen zu werden braucht, um eine hochgradige Erkrankung zu erzeugen, und nicht minder erklärlich ist, daß die millionenfache Durchbohrung des Darmcanals eine heftige Erkrankung dieses wichtigen Organs erzeugt, die schon an und für sich hinreicht, das Leben des Wirthes zu gefährden. Haben sich dann die Trichinen in den Muskeln niedergelassen, so treten zu den all=

gemeinen Schmerzen noch Lähmungserscheinungen, die zwar nicht mehr so gefährlich sind, aber dennoch eine lang dauernde schwere Erkrankung bilden. Das Gefährlichste und unter Umständen Tödtliche ist immer die Verwundung des Darms. Für die Praxis ist es von Wichtigkeit, zu wissen, in welchen Muskeln die Trichine am häufigsten vorkommt. In erster Linie ist es das Zwerchfell, die Zwischenrippenmuskeln, die Muskeln von Hals, Gesicht und Zunge; in zweiter Linie die Muskeln der Lende und die Beugemuskeln des Hinterschenkels. Hat man bei einer Untersuchung dieser Muskeln nichts gefunden, dann kann man sicher sein, daß überhaupt keine Trichine vorhanden ist. Das erleichtert wesentlich die Untersuchung, daß die Trichinen immer in großer Zahl auftreten, so daß sie bei einiger Aufmerksamkeit, trotz ihrer geringen Größe, nicht übersehen werden können.

Man hat bis jetzt eine große Zahl von Untersuchungen angestellt, um zu ermitteln, von welchem Thier die Trichine eigentlich ihren Ausgang genommen, welches also zu entfernen sei, um ihren Lebensfaden abzuschneiden. Man ging dabei von der Ansicht aus, daß Schwein und Mensch eigentlich nur gelegentlich und ausnahmsweise von Trichinen befallen werden, daß aber zur Sicherung ihrer Existenz noch irgend ein bestimmtes Thier, das zu unserm Haushalt in Beziehung tritt, gehöre und vermuthete dabei eine ähnliche Ausschließlichkeit wie beim Bandwurm. Dies hätte natürlich einen sehr wichtigen Anhaltspunkt für die Bekämpfung der Trichinen gewährt. Diese Erwartung ging jedoch nur theilweise in Erfüllung. Die Trichine scheint ein sehr kosmopolitischer Schmarotzer zu sein, denn man hat sie bis jetzt in Mäusen, Kaninchen, Füchsen, Katzen, Hunden, Ratten, Mardern, also fast bei allen Säugethieren gefunden, die, wenn auch nicht immer, so doch gelegentlich Fleisch fressen.

Aus diesem Sachverhalt ergiebt sich für eine Verhütung ihrer Ausbreitung Folgendes: Da wir Menschen in der Regel von allen trichinenhaltigen Thieren nur das Fleisch der Schweine verzehren, so ist die erste Maßregel die, die mikroskopische Prüfung des Schweine-

fleisches möglichst vollkommen durchzuführen mit Hilfe gesetzlicher Bestimmungen, namentlich dem colossalen Unfug entgegenzutreten, daß die Wurstfabrikanten eingesalzenes, in Fässer verpacktes Fleisch vom Lande beziehen, wodurch die in den Schlachthäusern geübte Controle umgangen wird, und die Einführung empfindlicher Strafen für die Verwendung verdächtigen Fleisches zu Nahrungszwecken. Weiter fragt es sich, ob man auch Maßregeln ergreifen kann, um die Häufigkeit der Erkrankung von Schweinen zu vermindern. Dies ist natürlich schwieriger durchzuführen; aber doch wird man schon dadurch die Gefahr bedeutend verringern, daß man mit äußerster Strenge das Fleisch der gefallenen Thiere nicht nur für den Menschen unschädlich macht, sondern es auf eine Weise vertilgt, daß die Ratten und Mäuse, die offenbar hauptsächlich die Verschleppung dieses Schmarotzers besorgen, nicht dahinter kommen können. Das einfache Eingraben genügt hierzu nicht. Am besten ist es, solches Fleisch zu verbrennen, was auch bereits an manchen Orten geschieht. Daß man natürlich dadurch zu keiner Ausrottung der Trichine kommen wird, ist selbstverständlich, aber jedenfalls ist die Gefahr der Verschleppung eine weit geringere. Zur persönlichen Sicherstellung möchte ich immerhin dem Einzelnen rathen, das Schweinefleisch bei der Zubereitung möglichst ausgiebig zu erhitzen. In einem Papinianischen Topfe, der sich ja auch aus anderen Gründen empfiehlt und in keiner Haushaltung fehlen sollte, läßt sich dies leicht ausführen. Die Erwärmung bei der gewöhnlichen Methode, das Fleisch zu braten, ist nämlich, wie genaue Versuche festgestellt haben, nicht im Stande, die Trichine zu tödten, und ebenso wenig ist dies bei der Zubereitung von Kessel- oder Wellfleisch der Fall.

Zur Zeit des Trichinenspectakels habe ich mehrfach von Laien den Vorwurf gehört, daß die Zoologen, trotz aller ihrer Gelehrsamkeit, nichts gegen die Trichinen ausrichten können, während sie doch die einzig Berufenen seien, hier zu helfen. Darauf ist die Antwort einfach: man verbreite die nöthige Bildung und das nöthige Wissen, denn die Trichine kann jeder Mensch sehen, der ein Mikroskop zur

Hand nimmt. Heutzutage sollte es für jeden gebildeten Menschen, der nur halbwegs die Mittel besitzt, eine Schande sein, kein Mikroskop zu besitzen, oder wenigstens sollte er gelernt haben, damit umzugehen. Eine Uhr ist ein nothwendiges Möbel; allein statt der goldenen Uhrkette kaufe man sich ein Mikroskop, so wird das Geld nutzbringender angelegt sein. Sind nur einmal die Leute von Jugend auf in den Naturwissenschaften besser unterrichtet und mit dem Gebrauch dieses Instruments vertraut, so wird man nicht mehr so rathlos vor den Pforten der unsichtbaren Welt stehen wie heutzutage.

Das möchte ich jedem Einzelnen sagen, der Behörde aber Folgendes: In solchen Dingen nützen Polizeimaßregeln allein nichts, wenn nicht hinter ihnen ein klares Gesetz den Menschen zur strengsten Verantwortung zieht, der bei Ausübung seines Gewerbes wissentlich und aus schnöder Gewinnsucht das Leben seiner Mitmenschen auf's Spiel setzt. Man stelle jeden Metzger, der trichinöses Fleisch verkauft, unter der Anklage des Todtschlags vor Gericht und verhalte ihn außer der schwersten Freiheitsstrafe noch zum Ersatz all' des materiellen Schadens, den er angerichtet hat, wie es in England bei der Gefährdung von Menschenleben durch die Eisenbahnen geschieht, dann wird man bald wenig Ursache haben, sich vor den Trichinen zu fürchten. — Der Ausrede, daß man ja die Trichinen nicht sehen könne, ist die Spitze leicht abzubrechen. Ein Theil der Fleischhacker wird sich selbst die nöthigen Kenntnisse verschaffen, um die Trichinenuntersuchung vornehmen zu können, und für den andern Theil stelle man vereidete Fleischschauer — wo die vorhandenen Thierärzte nicht genügen, können Lehrer herbeigezogen werden —, die gegen eine gesetzliche Taxe die Untersuchung vorzunehmen haben. Dann wenn sich Niemand mehr beklagen kann, daß er nicht im Stande sei, Unglück zu verhüten, ist die strengste Bestrafung keine Ungerechtigkeit.

Man wird mir einwenden, die gerichtliche Procedur sei umständlich — als ob es nicht auch schnelle Justiz geben könnte — der Beweis schwer herzustellen: — nichts leichter, da jeder Kranke das Corpus delicti in beliebiger Quantität nur zu sicher in der

Tasche hat und von Einem Schwein immer eine große Zahl Leute zumal erkrankt — ferner die Strafe komme post festum — dieser Einwand gilt für jede Strafe, aber je höher die Strafe, desto seltener das Vergehen. Polizeiliche Maaßregeln werden jedenfalls leichter umgangen als Gesetzesparagraphe, hinter denen die Gesammtheit des bedrohten und beschädigten Publicums steht.

Also man ist den Trichinen gegenüber durchaus nicht rathlos: wer sie sehen will, kann sie sehen und wer sie nicht sehen will, dem soll man nöthigenfalls mit Gewalt die Augen öffnen.

XVII.
Egelwürmer.

Neben der Krätzmilbe, den Bandwürmern und der Trichine nennen wir als vierten im Bunde der dem Menschen und seinem Haushalt gefährlich werdenden Schmarotzer, die Egelwürmer. Die Klasse der Rundwürmer — von denen der Mensch Spulwurm, Peitschenwurm und Mastdarmwurm beherbergt — können wir übergehen, denn sie sind weder betreffs ihrer Lebensgeschichte interessant, noch ist ihr Schmarotzen von tiefgreifenderen Veränderungen des Wirthes begleitet. Anders ist dies bei den Egelwürmern. Sie haben eine höchst interessante, leider noch nicht ganz vollkommen aufgeklärte Lebensgeschichte, an deren Entzifferung die Mikroskopiker schon seit einer Reihe von Jahren rastlos arbeiten, und dann sind zwei Glieder dieser Familie für den Menschen gefährliche Feinde. Der eine, der Egelwurm des Blutes, ist es direct, indem er seinen Wohnsitz in dem Körper desselben aufschlägt, der zweite, der sogenannte Leberegel, indirect, indem er der Schafzucht empfindlichen Schaden zufügt und sich auch gelegentlich in den Körper des Menschen verirrt. Unsere Kenntnisse

sind insofern noch unvollkommen, als wir gerade von diesen zwei Egelwürmern die Lebensgeschichte noch nicht kennen. Dagegen haben wir sie von einigen andern so weit untersucht, daß man die allgemeine Geschichte der Egelwürmer dennoch mit ziemlicher Sicherheit übersehen kann. Ich will im Folgenden das Einschlägige kurz zusammenstellen.

Die geschlechtsreifen Thiere sind flach gedrückte, im Verhältniß zu ihrer Länge ziemlich breite Würmer mit einer Saugscheibe auf der Bauchfläche und einer zweiten an der Mundöffnung. Der Leberegel wird ungefähr 1—1½ Zoll lang und bis ¾ Zoll breit, der Egelwurm des Bluts etwa ½ Zoll lang. Es sind also beides Thiere, die recht wohl mit bloßem Auge gesehen werden können. Sie bewohnen, so viel man bis jetzt weiß, so ziemlich ausschließlich die Wirbelthiere vom Menschen und den Säugethieren angefangen bis hinab zu Schlange, Frosch und Fisch und zwar halten sie sich dort nicht nur an die von außen zugänglichen Höhlungen des Körpers, sondern sehr viele bahnen sich durch die Gewebe hindurch einen Weg in's Innere der Organe. Der Leberegel steigt aus dem Darm durch den Gallengang in die Leber, der Egelwurm des Blutes bohrt sich in die Blutadern des Unterleibes, um dort zu schmarotzen, andere Egelwürmer sind schon in allen möglichen Organen des Körpers, sogar in der Krystalllinse des menschlichen Auges gefunden worden. Wir dürfen darin heutzutage kein Wunder mehr sehen, seitdem wir die mannigfaltigen Vorrichtungen kennen, welche das Thier befähigt, in seinem Wirthe zu bohren, wie der Wurm im Boden. Die Eier der Egelwürmer gelangen entweder unmittelbar in den Darm und von da nach außen oder wie beim Egelwurm des Blutes durch Vereiterungsproceß der Schleimhaut von Darm- oder Harnwegen. Sollen sie sich weiter entwickeln, so müssen sie in stehendes Wasser kommen, denn man hat sie bis jetzt nur in diesem gefunden. Dort schlüpft aus dem Ei ein mikroskopisch kleines, meist mit einem allgemeinen Flimmerkleid umgebenes Geschöpf von höchst einfacher Organisation aus, das sich munter schlängelnd im Wasser umhertreibt (siehe

Fig. 275 B). Wie lange dieser Zustand des Freilebens dauert, wissen wir nicht. Nur so viel ist bekannt, daß schließlich dieser infusorienartige Embryo, der auch früher in der That für ein Infusorium gehalten wurde, sich an eine Muschel oder Schnecke heran macht, bald da bald dort umhertastet, endlich meist an den Kiemen dieser Thiere sich festsetzt, sein Flimmerkleid abwirft und nun zu einem wurmförmigen Schlauche heranwächst.

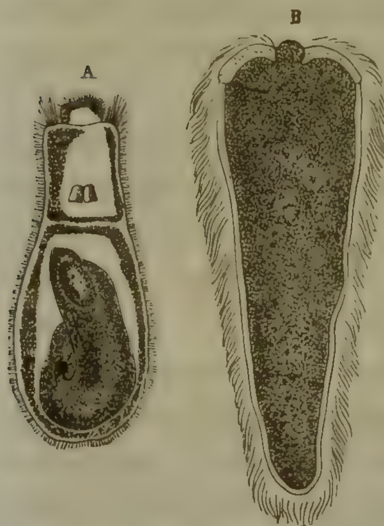


Fig. 275.

Ehe ich den weiteren Verlauf schildere, führe ich folgenden eigenthümlichen Fall bei einem dieser Egelwürmer an: sobald der Embryo ausschlüpft, sieht man bereits in seinem Innern im hintern Abschnitt des Leibes (siehe Fig. 275 A) einen mit selbstständigen Bewegungen begabten Wurm, der in dem andern lebt, etwa wie ein Junges in seiner Mutter. Er ist dazu bestimmt, nach dem Festsitzen seines Trägers aus ihm hervorzubrechen und den Lebensproceß weiter zu führen, während sein Träger, der doch zuvor ein selbstständiges Leben führte, gerade so zu Grunde geht, wie im früheren Fall das abgestreifte Wimperkleid.

Nehmen wir den regelmäßigen Entwicklungsgang wieder auf: der an der Kieme der Schnecke sitzende Wurm, den ich im Folgenden die Amme nennen will, wächst zwar ziemlich rasch heran, aber bringt es selten zu irgend einer höheren Organisationsstufe. Die Zellen, die ihn zusammensetzen, wollen in dieser Situation kein Gut thun. Ja in manchen Fällen werden alle fahnenflüchtig. Kaum daß sie es zum Aufbau eines gemeinschaftlichen Chitinhäutchens gebracht haben, entschließt sich jede auf eigene Faust zu leben und wird zur Keimzelle eines neuen Wesens. Wo die Zellen länger bei einander gut thun, kommt es in der Schichtenbildung des Leibes sogar

bis zur Abscheidung eines Darmcanals und flimmernder Intercellularräume zwischen den einzelnen Zellen des Hautmuskelschlauchs. Aber lange hält diese Entwicklung nicht vor. Sofort fängt ein Theil derselben an zu revolutioniren und die Amme wird binnen Kurzem zu nichts als zu einem regungslosen Schlauch, gefüllt mit Hunderten von Keimzellen in allen Stadien der Entwicklung zu einer neuen Generation von Thieren, die weder ihrer Amme gleichen, noch dem geschlechtsreifen Thiere, zu den sogenannten Cercarien. Siehe Figur 276 A, die eine Amme mit Cercarien gefüllt darstellt.



Fig. 276.

Auch hier muß ich wieder eine Abschweifung machen. Man hat nämlich beobachtet, daß eine solche Amme nicht sogleich Cercarien in sich werden läßt, sondern daß aus den Keimzellen zunächst eine zweite Generation von Ammen entsteht, die nicht etwa vollkommen gleich ihren Erzeugern gebaut sind, sondern in manchen Punkten von ihnen sich unterscheiden. Die Zoologen nennen diese zweite Ammengeneration Tochterammen, oder sprechen von Großammen und Ammen. Doch kehren wir zu der Nachkommenschaft der Ammen, den sogenannten Cercarien, zurück, von denen eine in Figur 276 B abgebildet ist. Es sind höchst eigenthümliche Geschöpfe, die aber doch bereits im innern Bau den Egelwurm erkennen lassen. Nur tragen sie zwei Handwerkszeuge, die sowohl dem Egel als der Amme fehlen, nämlich am Kopfende einen scharf spitzen Hornstachel und hinten einen kräftigen Ruderschwanz, mit dem sie dem muntersten Fischchen vergleichbar im Wasser sich tummeln können.

Wenn einer meiner Leser mit diesen Geschöpfen nähere Bekanntschaft machen will, so darf er sich nur im Frühjahr in sein Aquarium ein Dutzend Teichschnecken setzen. Bald wird er die eine oder

andere von einer weißlichen Wolke umgeben sehen, von der er schon mit bloßem Auge erkennt, daß sie aus einer Unzahl sich tummelnder Pünktchen besteht. Das Mikroskop löst ihm diesen Nebelfleck in einen Schwarm von Cercarien auf, die in der besten Absicht gekommen sind, sich in der Schnecke häuslich niederzulassen. Mit einem Aquariummikroskop sieht man dann auch, wie es die kleinen Dinger anfangen, um der elephantenhäutigen Schnecke beizukommen. Da sie bereits mit einer Saugscheibe versehen sind, so können sie auf der Haut der Schnecke umherkriechen; da sieht man denn, wie sie tastend ihr mit dem Bohrstachel versehenes Kopfende so oft gegen die Haut ansetzen, bis sie eine nachgiebige Stelle gefunden haben, an der der Stachel eindringt. Der feste Punkt ist für sie die Saugscheibe am Bauche. Ist einmal der Bohrstachel eingedrungen, so verschmälert sich ihr Kopfende, dringt in das Bohrloch nach, dehnt es und wenn nur einmal das vordere Ende drinnen ist, dann schiebt sich das andere leicht nach. Eine kräftige Beihülfe ist der Ruderschwanz, der durch sein energisches Schlagen von hinten nachschiebt. Damit ist aber auch seine Bestimmung vollendet. Sobald der Cercarienleib durch die Bohröffnung geschlüpft ist, reißt der ohnehin nur leicht mit ihm verbundene Schwanz ab und geht zu Grunde.

Jetzt tritt in der ganzen Entwicklung ein Ruhezustand ein. Die schwanzlose Cercarie kugelt sich zusammen und sondert eine immer dicker werdende Kapsel um sich ab. Der Bohrstachel, der ihr entbehrlich geworden ist, wird abgeworfen und liegt los in derselben. Das Thier selbst führt, seiner Auferstehung harrend, ein beschauliches Einsiedlerleben in seiner Kapsel, gerade so wie die Muskeltrichine in ihrer Kalkhülle. Die Erlösung wird ihr nur zu Theil, wenn ihr Wirth von einem schneckenfressenden Wirbelthier verspeist wird. In der Regel sind dies Frösche, Fische, Schlangen und besonders die Wasservögel.

Im Darmcanal dieser Thiere angelangt, löst der Verdauungssaft die Kapsel auf, die Cercarie ist frei und jetzt wächst sie zum

geschlechtsreifen Egelwurm heran. Natürlich darf man nicht glauben, daß eine solche gewaltsame Aenderung des Aufenthaltsorts nicht mit manchen Zufälligkeiten verbunden wäre, die einer Menge von Cercariencysten das Leben kosten. So fand Pagenstecher, der etwa 10,000 Cysten der Cercaria echinata an zwei junge Enten verfütterte, bei der einen nur 200, bei der andern sogar nur 50 Egelwürmer. Aber auch dieses Verhältniß ist vollkommen genügend, wenn man bedenkt, daß eine einzige Schnecke Tausende von Cysten beherbergen kann und daß eine Ente Dutzende von Schnecken auf einmal verspeist.

Recapituliren wir diesen Entwicklungsgang noch einmal. Aus dem Ei kommt ein frei im Wasser lebender Embryo. Der läßt sich auf einer Schnecke häuslich nieder und wird zur Amme, die dort entweder unmittelbar oder nachdem zuvor Tochterammen erzeugt sind, ohne vorhergehende Befruchtung Cercarien gebiert. Diese fangen an auszuschwärmen und wandern dann durch die Körperhaut sich Bahn brechend in den Leib von Schnecken, Wasserinsecten oder Krebsen, wo sie sich einkapseln. Diese Wirthe müssen von einem Raubthier gefressen werden, dann entpuppen sie sich und wachsen zu geschlechtsreifen Leberegeln heran.

Wie kommt nun aber der Leberegel in die Eingeweide von Schaf und Mensch? Hierüber liegen noch keine directen Beobachtungen vor, allein doch Einiges, was uns den Weg vermuthen läßt. Das Eine ist die Beobachtung, daß die Cercarien nicht immer in ein Wasserthier sich einbohren, um sich dort zu verpuppen, sondern dies oft genug auch auf Wasserpflanzen thun. Frißt nun ein Schaf oder Rind die mit Cercariencysten besetzten Gräser, so bekommt es sie mit und sie entwickeln sich in ihm zum Wurme. Damit stimmen auch die Beobachtungen über die Egelkrankheit der Schafe überein. Leukart sagt darüber:

„Wir wissen von Jahren, in denen die sogenannte Leberfäule — so heißen die Thierärzte die durch den Leberegel verursachte Krankheit — außerordentlich verheerend auftrat, so daß nicht blos unsere Haus-

thiere, sondern auch Hasen und Hirsche massenhaft daran zu Grunde gingen. Davaine zählt für Frankreich allein in diesem Jahrhundert 9 Egeljahre auf, 1809, 12, 16 und 17, 20, 29, 30, 53, 54. Um die Verheerungen der Krankheit zu charakterisiren, führt er unter Anderm an, daß 1812 in der Umgegend von Arles allein 300,000 Schafe und bei Nimes und Montpellier deren 90,000 daran zu Grunde gingen. In der Epidemie der Jahre 1853 und 54 verloren manche Viehzüchter in den inneren Departements $^1/_4$, $^1/_3$ und einige sogar $^3/_4$ ihrer Heerden. In England schätzt man die Zahl der an dem Leberegel zu Grunde gehenden Schafe im jährlichen Durchschnitt auf 1 Million. Alle diese Jahre sind durch große Feuchtigkeit ausgezeichnet, durch ein Moment, welches den Embryonen der Leberegel ebenso günstige Entwicklungsbedingungen bietet, wie es durch weitere Verbreitung der Zwischenwirthe die Einfuhr der Jugendformen erleichtert."... „Auch giebt es Gegenden, in denen die Krankheit weit mehr verbreitet ist als in anderen, so z. B. in unseren norddeutschen Niederungen mit ihren feuchten Wiesen und Moorgründen, im Holsteinischen ist es an manchen Orten kaum möglich, ein Stück Vieh zu schlachten, das von Leberegeln völlig frei ist."

Ferner wissen wir genau, daß die Schafe nur auf der Weide Leberegel bekommen, denn bei reiner Stallfütterung findet man sie nie. Demgemäß dürfen wir annehmen, daß auch der Mensch, bei dem glücklicherweise der Leberegel selten ist, sie auf Wasserpflanzen bekommt, z. B. möglicherweise durch den Genuß der Brunnenkresse. Doch ist es natürlich, daß sie bei ihm nie in so großer Menge auftreten, wie bei den weidenden Wiederkäuern und mithin auch höchst selten Veranlassung zum Tod werden.

Anders ist dies beim Egelwurm des Bluts. Bilharz fand denselben in Aegypten vorzugsweise bei den Negern und Nubiern und er gehört nach seinen und Griesinger's Beobachtungen zu den gefährlichsten Schmarotzern des Menschen. Zoologisch ist er dadurch interessant, daß das Männchen seinen flachen Körper nach unten zu einer Rinne wölbt, in der es das Weibchen mit sich umherträgt (siehe

Fig. 277, wo A Männchen und Weibchen und B den Querschnitt des Männchens darstellt). Die Cercarien dieser Thiere kommen ohne Zweifel mit der Nahrung, die bei diesen Völkern aus unfiltrir-



Fig. 277.

tem Nilwasser und nebst Brod, Getreide und Datteln besonders auch aus halbverfaulten Fischen besteht, welche die Fellah's als Delicatesse verspeisen, in den Darm. Von dort bohren sie sich in die Venen des Unterleibes ein, werden geschlechtsreif, dringen aus den großen in die kleinen Venen vor, die sie zunächst mit ihren Leibern und dann mit den massenhaften hartschaligen Eiern, die sie legen, verstopfen. Am häufigsten ist es die Niere und die Schleimhaut des Darmcanals, deren Blutgefäße mit Eiern angefüllt werden. Die Folge sind Wucherungen der Schleimhaut, Geschwürsbildung und in den Harnwegen Verstopfung derselben, Ablagerung von Harnsteinchen und schließlich mit dem Tod endende Zerstörungen dieser Organe. Die Häufigkeit dieser Thiere ist erschreckend. Griesinger fand sie unter 363 Leichen 117 Mal und Bilharz glaubt, daß kaum die Hälfte der erwachsenen Aegypter von diesem Schmarotzer frei sei, ja er war eine Zeitlang der Ansicht, der Egelwurm des Bluts möge sich zu den in Aegypten einheimischen Dickdarmerkrankungen verhalten, wie die Krätzmilbe zur Krätze, d. h. die so häufige und gefährliche ägyptische Ruhr sei auf die Anwesenheit dieses Schmarotzers zurückzuführen. Man hat nun zwar gefunden, daß die Mehrzahl der Ruhrfälle Aegyptens anderen Ursachen zuzuschreiben ist, aber dies entkräftet die obige Behauptung, daß der Egelwurm des Bluts einer der gefährlichsten Schmarotzer jener Landstriche ist, nicht im Mindesten.

Nur die wichtigsten Fälle der Schmarotzerwechselwirthschaft zwischen Mensch und den ihn umgebenden Hausthieren sind es, die ich im Voranstehenden näher beschrieben habe. Von der Bedeutung des Schmarotzerthums im Haushalt der Natur überhaupt mag sich der Leser einen Begriff machen, wenn ich ihm sage, daß unter allen Thieren, die von und mit einander leben, eine ähnliche Schmarotzerwechselwirthschaft besteht. Dem füge ich noch die Berechnung bei, die Ratzeburg über eine Abtheilung der Schmarotzer anstellt, über die Schlupfwespen. Von den 15,000 Insectenarten Deutschlands sind ⅓ Schlupfwespen. Durch Berechnung finden wir weiter, daß auf der ganzen Erde etwa 900,000 Insectenarten wohnen, was bei gleichbleibendem Verhältniß allein 300,000 Schlupfwespenarten giebt, die in ihrem Jugendzustand in andern Insecten schmarotzen. Rechnen wir nun dazu alle die Tausende von Eingeweidewürmern, von Läusen, Milben ꝛc., dann die zahllosen Thiere, die auf Pflanzen schmarotzen, so wird mir der Leser Recht geben, wenn ich sage: die Geschichte des Schmarotzerthums ist die Geschichte der organischen Welt.

XVIII.

Die thierischen Schmarotzer auf der Pflanze.

Bisher haben wir einzelne Episoden des Kampfes zwischen Thier und Thier betrachtet und zum Schlusse das merkwürdige Verhältniß gefunden, daß nicht der der Stärkere ist, der ein anderes Thier frißt, sondern daß der Gefressene den Fresser umbringt. Daran möchte ich eine kurze Schilderung des Kampfes zwischen Thier und Pflanze knüpfen, weil auch hier das Mikroskop unsere Kenntniß nicht unbeträchtlich gefördert hat. In gewissem Sinne kann man sagen,

daß die Verhältnisse dieses Schmarotzerthums einfacher sind, als die, wo Thier auf Thier schmarotzt, hat ja doch die Pflanze einfachere Lebensverhältnisse und ist in jeder Beziehung ihren Feinden gegenüber willenloser und auf einfacheren Wegen zugänglich als das Thier. Wir stoßen also hier nicht auf so verwickelte Schleichwege, der Angriff der Schmarotzer ist ein offener, unmittelbarer. Dann sei noch eines Unterschiedes erwähnt. Während wir im Thierreich eine ziemliche Kluft sehen zwischen Raubthier und Schmarotzer, läßt sich weniger leicht die Grenzlinie ziehen zwischen Pflanzenfresser und Pflanzenparasit. Freilich fehlt es auch im erstern Fall nicht an Uebergangsstufen zwischen Räuber und Schmarotzer, denn die Grabwespe, die Raupen in selbstgegrabenen Höhlen vermauert, um sie dort durch ihre schmarotzende Brut verzehren zu lassen, steht nicht weit von dem Raubvogel, der die Beute seinen Jungen in den Horst trägt; aber doch sind solche Uebergangsformen im Kampf von Thier gegen Thier selten. Anders im Pflanzenreich. Da finden wir überall einen allmähligen Uebergang vom Pflanzenfresser zum Parasiten.

Sind nun einerseits die Beziehungen zwischen Thier und Pflanze einfacher, so steht dem gegenüber die außerordentliche Zahl von Thieren, die in ihrer Existenz auf die Pflanzen angewiesen sind und von denen wir die kleineren, also das Heer der Insecten, eher zu den Schmarotzern rechnen dürfen, als zu den einfachen Pflanzenfressern. Staunen wir schon darüber, wenn ein Thier einige Dutzend Schmarotzer ernähren muß, wie überraschend muß es uns sein, zu hören, daß eine einzige Pflanze, die Kiefer, nicht weniger als 400 Species seßhafter Insecten und mehr als 80 Gattungen beherbergen muß. Was sind unsere colossalsten Trauerspiele, bei denen die handelnden Personen kaum in ein Dutzend Kategorien zerfallen, gegen ein solches Trauerspiel der Natur, wo Hunderte von verschiedenartigen Existenzen in dem lebhaftesten, gegenseitigen Interessespiel sich vereinigen, um einen einzigen Riesen der Pflanzenwelt zu fällen?

Doch genug der allgemeinen Betrachtungen, die ich nur deshalb anstellte, um den Leser ahnen zu lassen, wie so manches Wunder in

der organischen Natur dadurch seine Erklärung findet, daß Hunderte von unsichtbaren Fäden die Existenz einzelner Organismen fördernd und bekämpfend umstricken. Aus der Masse des Materials will ich nur einige uns Menschen näher angehende Fälle hervorheben, bei denen entweder der Schmarotzer selbst der unsichtbaren Welt angehört oder wo ein Stück seines Lebensweges hinter den Grenzen unserer Sehkraft sich verliert, oder wo nur das bewaffnete Auge die Zerstörungswerkzeuge sieht, mit denen der Schmarotzer sein Handwerk treibt.

Wir nennen eine Anzahl von Thieren Pflanzenläuse, theils weil sie in Bezug auf Größe den Läusen nahestehen, theils weil sie wirklich in ähnlicher Weise von der Pflanze leben, wie die Laus von ihrem Wirth. Die wichtigsten derselben gehören in die gleiche Familie, wie die Wanzen, zu den sogenannten Halbflüglern oder Hemipteren. Es sind dies die Sangläuse, Blattläuse und Schildläuse, die in der Regel zu vielen Tausenden die Blätter oder die weichen Stengel besetzen und mittelst eines äußerst zart gebauten Bohr- und Saugapparats, den sie in die Pflanze einsenken, deren Säfte saugen. Figur 278 stellt den Kopf einer Blutlaus (Aphis) mit dem langen Schnabel (a) und den äußerst feinen Bohrwerkzeugen (b), die aus seinem vordern Ende hervorragen, dar. Diese Thiere, leicht kenntlich an dem weißen, wolligen Flaum, der sie bedeckt, sonst den Blattläusen außerordentlich ähnlich, tragen wie die letzteren am Ende ihres Lebens Flügel, bringen aber schon vorher zahlreiche, lebendige Junge zur Welt. Es ist interessant, daß die jungen Blutläuse Sangwerkzeuge mit auf die Welt bringen, die beinahe schon so groß sind, wie die des erwachsenen Thieres, so daß der am Bauch herabliegende Saugrüssel fast genau so lang ist, wie der ganze Leib des Thiers. Nur so ist es begreiflich, daß das junge Thier sofort neben seine Mutter sich setzend und dort die harte Rinde durch-



Fig. 278.

bohrend, in gleicher Weise sich nährt wie seine Erzeugerin. Ganz ähnlich leben die andern Blattläuse, und da ich die merkwürdigen Verhältnisse ihrer Fortpflanzung schon oben Seite 469 berührt habe, so können wir sie übergehen und ich erwähne nur noch der Schildläuse.

Von diesen Thieren sieht man in der Regel nur die Weibchen, da die Männchen außerordentlich klein sind und zuletzt nach einer vollkommenen Verwandlung Flügel bekommen. Die Weibchen haben einen Saugschnabel, niemals Flügel, keine Verwandlung und sitzen unbeweglich als schildförmige Körperchen auf der befallenen Pflanze, manche Arten noch außerdem mit einer wolligen Absonderung versehen. Die Fortpflanzung ist insofern merkwürdig, als das Weibchen abstirbt, ehe die Eier gelegt sind. Ihr vertrocknender Leib hat dann weiter keinen Zweck als den, eine schützende Decke für die Brut zu bilden. Wenn die Jungen aus den Eiern ausgeschlüpft sind, so kriechen sie unter der Leiche ihrer Mutter hervor, zerstreuen sich über die Pflanze und saugen sich in Bälde gleichfalls fest, um nie wieder diese Stelle zu verlassen.

Sitzen diese Schmarotzer auf der Oberfläche der Pflanzen, so führen andere ein Leben im Innern derselben, und die Mittel und Wege, wie sie dahin gelangen, sind außerordentlich verschieden. Bei den einen sorgt die Mutter dafür, indem sie die Eier in eine Wunde der Pflanze bringt. Diese wird entweder mit der Legröhre gemacht, wie bei den Blattwespen und Gallmücken, oder mit den Kiefern, wie bei den Rüsselkäfern. Das ausgeschlüpfte Junge nährt sich dann von den Geweben der Pflanze, die es häufig vollkommen einschließen, indem sich eine sogenannte Galle um den Parasiten bildet. Bei den Erbsenkäfern wird das Ei an die ganz junge Hülse gesetzt, in die sich die jungen Larven sogleich einfressen, und von dort dringen sie in einen Samen ein. Ist dieser kräftig genug, sich durch diese Verletzung in seinem Wachsthum nicht stören zu lassen, so gedeiht Erbse und Schmarotzer zusammen. Da die Wunde, durch welche die Larve eingedrungen ist, heilt, so verräth die Erbse durch nichts als ihr geringeres specifisches Gewicht, daß sie einen so großen Gast beher-

bergt. In der Regel reift der Käfer erst im Winter, und nach seiner Verwandlung frißt er sich heraus.

Ich will nun nur noch eines thierischen Schmarotzers auf den Pflanzen gedenken, der selbst im ausgewachsenen Zustande nur dem Mikroskop zugänglich ist. Es ist dies das Weizenälchen und sein nächster Verwandter, das Kardenälchen in der Weberkarde. Das Erstere wurde bis jetzt fast nur im südlichen Frankreich als höchst gefährlicher Gast beobachtet. Das kranke Weizenkorn erkennt man an seiner schwarzbraunen Farbe, der runzlichen Oberfläche und einer starken Ausbauchung, die dem Korn eine stumpf dreieckige, unregelmäßige Gestalt verleiht. Die auffallend harte Schale umschließt kein Mehl, sondern eine gelbweiße, staubfaserige Masse. Bringt man diese, mit einem Wassertropfen befeuchtet, unter das Mikroskop, so sieht man nach längerem Zuwarten kleine Fädchen, die zuerst unbewegt lagen, sich strecken, hin- und herbewegen; allmählig werden die Bewegungen lebhafter und binnen Kurzem hat man die Weizenälchen, von denen 8—10 in einem Korn sich finden, in voller Lebensthätigkeit vor sich. Es sind schlanke, nach vorn verdünnte Würmchen von nicht ganz einem Millimeter Länge und besitzen die schon bei den Bärthierchen erwähnte Fähigkeit, ausgetrocknet in jahrelangem Scheintod zu liegen, bis Wärme und Feuchtigkeit sie wieder zum Leben erweckt. Dies geschieht bei der

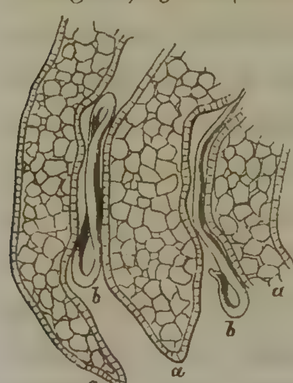


Fig. 279.

Aussaat des Korns in feuchten Boden. Das munter gewordene Würmchen wird durch das Verfaulen der Schale befreit, kriecht auf dem Boden umher, bis es ein junges Weizenpflänzchen findet, in dessen Herzblättern es sich verbirgt. Figur 279 zeigt uns in hundertfacher Vergrößerung den Querschnitt durch drei Herzblättchen (a), zwischen denen zwei Weizenälchen (b) liegen. Nach kurzer Wanderungsperiode dringen sie in den Anfang des Fruchtknotens, der aus einem zarten Zellgewebe besteht, werden dort geschlechtsreif, paaren sich, legen ihre Eier und dann stirbt Mann und Weib. Die Eier schlüpfen später

in dem wachsenden Korne aus und entwickeln sich so lange, bis der Inhalt des Korns staubig vertrocknet. Sie sind zu dieser Zeit noch geschlechtslose Larven und bleiben es, bis die Aussaat des Korns sie erlöst.

Diese Beispiele von thierischem Schmarotzerthum auf Pflanzen mögen genügen, um dem Leser auch in diese Verhältnisse einen Einblick zu verschaffen und ihm die Ueberzeugung zu geben, daß es kein Gebiet unseres Wissens von der Natur giebt, auf dem man der mikroskopischen Forschung entrathen kann, und daß unter seiner durchdringenden Gewalt immer mehr da bestimmte greifbare Ursachen zu Tage treten, wo man früher vor einer Legion nebelhafter Vermuthungen still halten mußte.

XIX.

Die Schmarotzerpflanzen der Thiere.

Im Großen und Ganzen hat man freilich Recht, wenn man im Stoffkreislauf der Natur die Pflanzen als angewiesen auf unorganische Natur darstellt und selbst wieder als passives Nahrungsmaterial für das Thierreich. Es ist insofern richtig, als die mineralischen Stoffe in der Regel keine Nahrung für Thiere abgeben können, sondern nur vermittelst der Pflanzen hereingezogen werden in den Bereich des organischen Lebens. Ferner ist es insofern richtig, als die Pflanzenwelt die Grundlage von einer Unzahl thierischer Existenzen ist, ohne jegliche andere Mittel, sich ihrer Haut zu wehren, als der Kraft ihres Wachsthums und der Menge ihrer Samen. Allein in der Natur hat man sich vor nichts mehr zu hüten, als vor dem Verallgemeinern. Sie bindet sich an keine andere Regel als an die chemisch-physikalische Möglichkeit. Nicht nur ist

das Thier ebenso gut Nahrungsquelle für die Pflanze, wie umgekehrt, durch die Kohlensäure, die es ausscheidet, und die andern kohlen- und stickstoffhaltigen Entleerungen seines Leibes, sondern es ist auch das Thier in nicht unbeträchtlichem Grade Mutterboden für Pflanzenwuchs. Natürlich die Fälle, wo eine Pflanze an einem Thierkörper haftet, so zufällig wie an einem Stein oder an einem Stück Holz, rechnen wir gewöhnlich nicht zum Schmarotzen im engeren Sinn. Bei Wasserthieren ist dies eben kein seltenes Vorkommniß. Bekannt ist das Wachsen von Wassermoos auf den Köpfen von Karpfen; dann tragen manche Seekrebse ein Kleid von Seealgen (Ulven und Enteromorphen) auf ihrem harten Panzer und die Schalen von Muscheln und Schnecken spielen natürlich für eine Reihe von Seepflanzen ganz die gleiche Rolle, wie irgend ein unbelebter fester Gegenstand. Schmarotzerpflanzen im engern Sinn sind die, welche mehr oder weniger ausschließlich auf einem Thier vorkommen, und vornehmlich die, die störend in seine Oekonomie eingreifen. Nach dem Stand unserer heutigen Kenntnisse gehören sie mit wenigen Ausnahmen alle zu den niederen Pilzen — einer Abtheilung organischer Wesen, die somit auch in dieser Beziehung eine ganz eigenthümliche Stellung einnimmt. Schon früher, als ich über den Schimmel sprach, habe ich darauf hingewiesen, daß dieses merkwürdige Pflänzchen zum lebendigen thierischen Organismus und zu seinen Ausscheidungsstoffen in nähere Beziehung tritt. Hier ist der Ort, etwas Genaueres darüber anzugeben.

Beginnen wir mit dem Menschen, so ist jetzt unwiderleglich dargethan, daß eine Reihe von Erkrankungen der äußeren Haut ganz allein durch das Vegetiren von Schimmelarten erzeugt wird. Die Medicin beschreibt einen Theil derselben unter den Namen Tinea, Favus, Herpes, Pithyriasis, Mentagra &c. Die bekannteste derselben, der sogenannte Kopfgrind, bei dem der behaarte Theil des Kopfes mit einer Borke sich bedeckt, unter der eine trockene, staubige Masse sich sammelt, wurde schon frühzeitig als Folge einer an den Haarbälgen auftretenden Pilzwucherung erkannt. Man sieht die Sporen-

ketten von ihnen aus in die Substanz des Haares selbst und die angrenzende Oberhaut eindringen. Die Ansteckungsfähigkeit dieser Krankheit beruht darauf, daß die Pilzsporen, auf ein anderes Individuum übertragen, dort keimen und die gleiche Krankheit erzeugen.

Ganz dasselbe ist nachgewiesen für die sogenannte Kranzflechte; sie beginnt als rother Flecken auf der Haut, der sich kreisförmig ausbreitet und dadurch, daß in der Mitte der Pilz abstirbt, ringförmig wird. Es giebt mehrere Formen, sowohl auf den behaarten, als unbehaarten Theilen des Körpers; die ersteren führen rasch zur Kahlköpfigkeit. Auch bei manchen Hausthieren kommt die Kranzflechte vor und zwar ist sie auf den Menschen übertragbar.

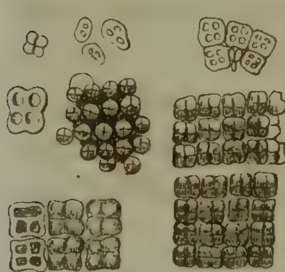
Mit weniger Störung verläuft die besonders am Brustkorb vorkommende Leberflechte, braune Flecken, die unter dem Mikroskop ein Gewebe von bräunlichen Pilzfäden und Sporen zwischen den Epidermiszellen erkennen lassen.

Nebst den Haaren und der Epidermis sind es die Nägel, die nicht selten von einem Schimmelpilz befallen werden. Er spinnt sein Fadenlager in der Substanz des Nagels selbst, der dadurch blättrig und rissig wird, und die Sporennester bilden röthlich graue Flecken. Auch im äußern Gehörgang hat man schon Schimmelbildung, mit Störungen der Hörfähigkeit verbunden, beobachtet.

Eine regelmäßige Erscheinung sind Pilze auf dem Beleg der Zähne und der Zunge; namentlich auf der letzteren kommt es mitunter zu umfänglichen Pilzbildungen. Eine bekannte Krankheit, die insbesondere die Säuglinge befällt, die sogenannten Schwämmchen oder Aphthen, lassen unter dem Mikroskop eine Zusammensetzung aus Epitelzellen und Pilzgeflecht erkennen. Die Thatsache, daß der Säugling diese Krankheit mit den charakteristischen Pilzwucherungen auf die Brustwarze der Mutter und diese wieder auf andere Säuglinge übertragen kann, spricht dafür, daß der Pilz die eigentliche Ursache der Krankheit ist. Dieselbe Krankheit kommt auch am After vor, von wo sie einwärts vordringt, und an den weiblichen Geschlechtstheilen. Man hat schon die ganze Scheide mit einer käsequark-

ähnlichen Masse, zum größten Theil aus Pilzsporen bestehend, erfüllt gefunden.

Ob der so gefährliche Croup der Kinder, auch Keuchhusten genannt, durch eine Pilzwucherung hervorgerufen wird, ist noch fraglich, aber so viel gewiß, daß man immer bräunliche Pilzsporen auf der sogenannten Croupmembran trifft. Ja selbst weiter abwärts, in der Lunge, hat man Schimmelbildung gefunden bei dem sogenannten geruchlosen Lungenbrand. Doch ist wohl hier das Schimmelpflänzchen schwerlich die Ursache.


Fig. 280.

Um so gewisser ist eine andere Schmarotzerpflanze, die Sarcina ventriculi (siehe Fig. 280), Ursache der krankhaften Erscheinungen, die ihr Vorkommen begleiten, nämlich ziemlich heftige Verdauungsstörungen mit Erbrechen und Diarrhoe, wobei die ausgeleerten Massen zum größten Theil aus den quadratischen Paqueten dieser grünlichbraunen Schmarotzerpflanze bestehen. Ein Theil der Botaniker rechnet sie zu den Pilzen, ein anderer zu den Algen.

Eine der malitiösesten Schmarotzerpflanzen des Menschen lehrte uns ein englischer Arzt in Indien kennen. Der Anfang der Krankheit besteht in dem Auftreten fester, schmerzloser Geschwülste im Vorderfuß. Sie sitzen im Unterhautzellgewebe. Nach längerer Zeit, oft erst nach Jahren, erheben sich auf diesen Geschwülsten warzige Knoten, die aufbrechen und neben einer dünnen, gelblichen, stinkenden Flüssigkeit zahlreiche schwarze Körner von Stecknadelknopf- bis Flintenkugelgröße entleeren. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sie strahlig gebaute Pilzfrüchte sind. Vom Zellgewebe geht die Wucherung über auf die Knochen und schließlich auf die Muskeln, bis der ganze Vorderfuß eine unförmliche, gebrauchsunfähige Masse wird. Man nennt die Krankheit Madurafuß, und sie findet sich glücklicherweise nur in bestimmten Gegenden Indiens bei barfußgehenden Leuten. Ein Mittel dagegen giebt es nicht; die einzige Hilfe ist Amputation des kranken Fußes.

Leider wissen wir noch nicht viel Sicheres über die Lebensgeschichte dieser Schmarotzerpflanzen des Menschen. Namentlich in Bezug auf die Pilze hat die schon früher beim Schimmel beschriebene Vielgestaltigkeit es im höchsten Grade zweifelhaft gemacht, ob die zahlreichen Arten und Gattungen, die man anführt, nicht etwa nur verschiedene Vegetationszustände einiger weniger, auch außerhalb des menschlichen Körpers vorkommender Schimmelpflanzen sind. Abgesehen von vielen anderen Gründen sprechen Beobachtungen, wie die, daß Mütter, deren Säuglinge vom Kopfgrind befallen waren, die Leberflechten bekamen, dafür, daß vielleicht die meisten Pilzvegetationen des menschlichen Körpers Einer Art angehören.

Die Thiere sind nicht minder von Schmarotzerpflanzen heimgesucht als der Mensch. Ich habe schon oben gesagt, daß die Kranzflechte auch bei Hausthieren vorkommt, und füge hinzu, daß bei den Hühnern, insbesondere den Cochinchinahühnern, am Kopf und Hals eine Pilzkrankheit beobachtet wird, die dem menschlichen Kopfgrind verwandt, ja vielleicht durch dieselbe Pflanze erzeugt wird. Versuche haben bewiesen, daß sie auf den Menschen übertragen werden kann. Schimmelbildung ist namentlich häufig in den Luftsäcken des Vogelleibes. Sie wird beobachtet in der Gefangenschaft.

Ein anderer Pilz schmarotzt in dem Körper gewisser Raupen Neuseelands, Australiens und China's. Er wächst in dem Innern des Leibes, treibt aber bald einen holzigen Stengel durch die Körperdecke hindurch an die Oberfläche, der oft länger wird, als der Körper der Raupe selbst. Die letztere stirbt natürlich. In China werden die mit diesem Pilz behafteten Raupen als Arzneimittel gebraucht. Figur 281 a stellt einen sonderbar geformten Pilz (Enterobryus spiralis) auf der Magenoberfläche eines Tausendfußes vor, a ist das Epitel des Magens, b der spiralisch geformte Pilzfaden.

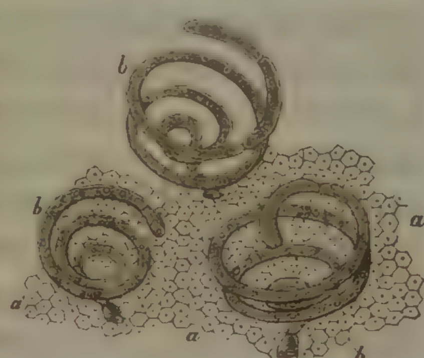


Fig. 281.

Figur 282 zeigt eine merkwürdige Pilzvegetation aus dem Magen eines pflanzenfressenden Käfers (Passulus cornutus).

Auch die Schalen der Schnecken und Muscheln findet man oft von den mannigfachen Verästlungen eines Schmarotzerpilzes durchzogen und kann solche selbst noch bei fossilen Schalen nachweisen.

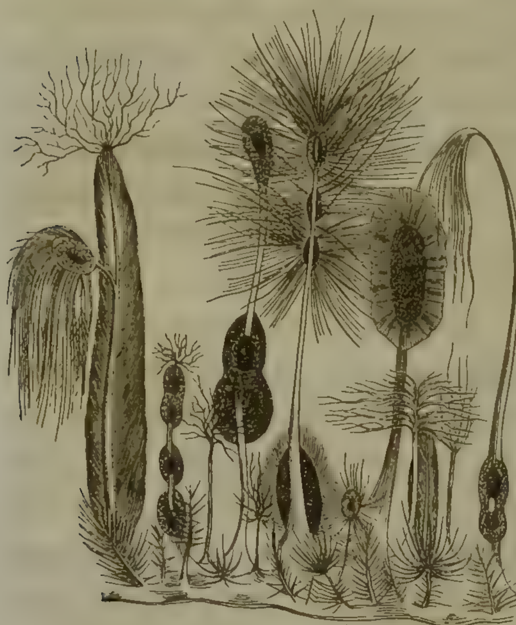


Fig. 282.

Ein merkwürdiger Pilz ist ferner der bekannte Fliegenpilz (Achlya prolifera). Der Leser wird gewiß schon manchmal, besonders im Spätsommer und Herbst, todte Fliegen mit hochaufgetriebenem weißlichem Hinterleibe an Wänden und Fensterscheiben klebend gefunden haben. Im letzteren Fall sieht man auf dem Glas rund um die Fliege einen nebligen Anflug. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt, daß der Hinterleib der Fliege mit einem feinfädigen Pilzfadenlager erfüllt ist, das kolbige Sporenträger durch die Haut der Fliege hindurchgetrieben haben. Der neblige Anflug auf dem Glas sind die Sporen. Der Pilz tödtet die Fliege.

So sehen wir also auch das Pflanzenreich im activen Kampf mit dem Thierreich begriffen, und mikroskopische Kleinheit der Sporen ist auch hier die Waffe, mit der der Kampf geführt wird; ein klarer Beweis für die Macht des Kleinen auf Erden.

XX.

Die Rostkrankheiten der Pflanzen.

Zu den interessantesten Entdeckungen der neueren Zeit gehört der Nachweis über die Natur einer Reihe von Pflanzenkrankheiten, von denen manche eine nicht geringe Bedeutung für unsern eigenen Haushalt besitzen. Obenan stehen unter den hierher gehörigen Seuchen der Culturpflanzen die Kartoffelkrankheit und der Rost des Getreides. In beiden Fällen ist der Feind ein mikroskopischer Pilz, der sogenannte Rostpilz. Bereits früher, als ich von der Fortpflanzung sprach, habe ich gezeigt, wie die Rostpilze sich begatten und ihre Eisporen bilden (siehe Fig. 258). Der Schmarotzer hat seinen Sitz in dem Blatt der Kartoffelpflanze, wo er als ein kleiner brauner Fleck erscheint. In dem Maaße, als der Pilz sich entwickelt, vertrocknet das Blatt, und die reifen Sporen fallen zu Boden. Werden sie nun nicht schon durch den Regen hinabgewaschen bis dahin, wo die Knolle sitzt, so kommen sie um so gewisser in Berührung mit denselben, wenn die Kartoffeln eingeerntet und auf das mit den zahllosen Sporen verunreinigte Erdreich geworfen werden. Die feuchte Luft des Kellers genügt, um die Spore zu weiterer Entwicklung zu bringen. Das, was nun geschieht, sehen wir in Figur 283 A. Die Sporenkapsel platzt und entleert einen Klumpen, der Hunderte von Schwärmsporen enthält. Diese sind, wie B zeigt, mit Flimmerhaaren versehen, so daß sie sich, wenn die Kartoffel schwitzt, auf der Oberfläche derselben fortbewegen können. Nach kurzer Zeit jedoch verschwinden diese und jetzt treibt die Spore einen langen Pilzfaden (siehe C). Dieser bohrt sich, wie bei F zu sehen ist, durch die Wand der Oberhautzellen ein und wächst nun dort, fortwährend die Zellwände zerstörend, zu einem vielfach verästelten braunen Pilzfadenlager

aus, das immer tiefer in's Innere der Frucht vordringt. Die Folge ist natürlich eine Zerstörung des Gewebes und Fäulniß, wobei der Pilz die Rolle eines Gährungserregers spielt.

Die in der Kartoffel erzeugten Sporen gelangen nach dem Zerfall dieser in's Freie und von da, durch die Winde getragen, wieder auf das Blatt der neuen Pflanze. Sollen sie dort keimen, so ist wiederum die Gegenwart von Feuchtigkeit nothwendig; kommen sie in einen Regen- oder Thautropfen, der auf dem Blatte steht, so entwickeln sie sich dort zu Keimschläuchen, die durch die Spaltöffnungen eindringen, wie es Figur 283 D von der Fläche und E von der Seite im Querschnitt zeigt.

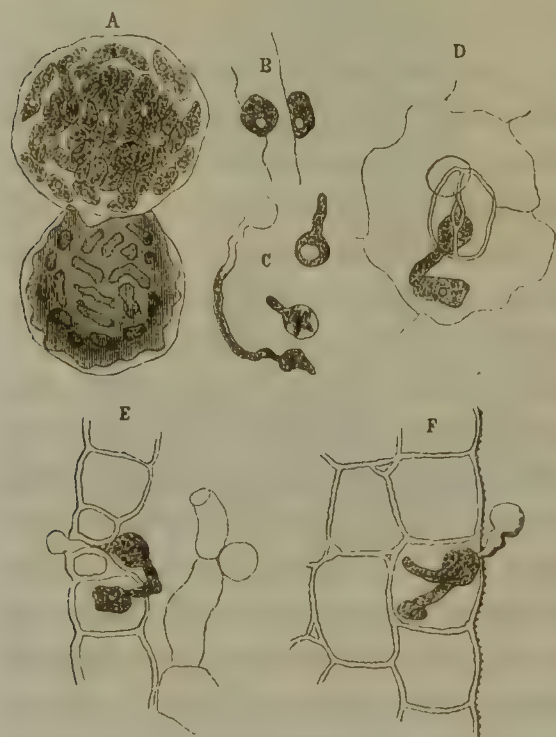


Fig. 283.

Aus dieser Lebensgeschichte des Kartoffelpilzes geht hervor, daß ein nasser Jahrgang die Entwicklung der Kartoffelkrankheit begünstigt, weil die Sporen auf den Blättern leichter keimen. Ferner, daß es zweckmäßiger ist, die Kartoffeln bei nasser Witterung einzuernten, weil die Sporen am nassen Erdreich kleben und nicht so leicht auf die Kartoffel gelangen, und endlich, daß ein trockener Keller sich besser zur Aufbewahrung der Kartoffel eignet. Zweckmäßig ist ferner, die Kartoffeln nicht zu hoch über einander zu schichten, einmal, weil sie dann weniger schwitzen, und dann, weil die Sporen, die von den oberen Kartoffeln abfallen, die untersten schließlich dicht besäen. Radical geholfen wäre allerdings nur dann, wenn man das kranke Laub vertilgen könnte, ehe es die reifen Sporen entläßt. Das ist natürlich

sehr schwer durchzuführen, denn das Verbrennen des Krautes im Herbst vor der Ernte kommt zu spät, wenn auch natürlich noch eine Menge Keime dabei vertilgt werden.

Unter der großen Zahl von Pflanzen, die von Rostpilzen befallen werden, finden wir auch das Getreide, und zwar kommen auf ihm mehrere Arten vor. Eine der häufigeren derselben, der sogenannte Streifenrost, hat in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher und Landwirthe auf sich gezogen; einmal, weil es gelungen ist, seine Lebensgeschichte festzustellen, und zweitens, ein sicheres Mittel gefunden, ihn zu entfernen. Die Geschichte verdient, hier näher mitgetheilt zu werden. Schon längst waren die Landwirthe darüber einig, daß die Nähe des Berberitzenstrauches (Kreuzdorn oder Sauerdorn) den Getreidefeldern schädlich sei, indem sie leicht vom Rost befallen werden. Ein Proceß war die Veranlassung, daß der wahre Sachverhalt an's Licht kam.

Ein Grundbesitzer setzte eine Hecke von Berberitzen, und in Folge davon wurde das Getreidefeld eines Nachbars vom Rost befallen. Daraus entwickelte sich ein Entschädigungsproceß, bei dem in erster Instanz der Besitzer der Hecke verurtheilt wurde, Schadenersatz zu leisten. Das Urtheil erfolgte auf Grund der übereinstimmenden Aussagen von Landwirthen, dahin gehend: es sei längst bekannt, daß der Berberitzenstrauch in dieser Weise auf's Getreide wirke. Der Verurtheilte recurrirte, und die zweite Instanz hob das Urtheil auf, „weil diese schädliche Einwirkung des Berberitzenstrauchs nicht wissenschaftlich bewiesen sei." So ziemlich zur selben Zeit beschäftigte sich einer unserer bedeutendsten Pilzforscher, de Bary, mit den Rostpilzen, und es gelang ihm, folgende Lebensgeschichte für dieselben festzustellen.

Wir finden im Frühjahr an den Blättern und Stengeln der Berberitze schöne orangerothe Flecken, hervorgebracht durch einen Rostpilz, dem die älteren Pilzforscher den Namen Aecidium gegeben haben. Ist der Pilz reif, so sieht man auf dem Rostfleck unter dem Mikroskop becherförmige Hervorragungen, gefüllt von sogenannten

Stilosporen. Ich habe bereits früher in Figur 252 eine Abbildung desselben im Längsschnitt gegeben. Diese Sporen (siehe weiter unten in Figur 285 a eine einzelne abgebildet) können nun merkwürdigerweise auf der Berberitzenpflanze sich nicht weiter fortpflanzen, der Wind muß sie auf Getreide tragen, wenn sie keimen sollen; dort wächst aus der Spore ein langer Keimschlauch hervor, dringt durch die Spaltöffnungen der Blätter und Stengel in's Innere und wächst zu einem Fadenlager heran, das zwischen den Zellen, aus denen der Halm gebaut ist, sich verbreitet. Nach kurzer Zeit treibt dieses polsterförmige Fruchtlager durch die Epidermis hervor, die aus aufgerichteten Fäden mit einer Spore an der Spitze bestehen. Aber die Sporen sind anderer Art als die des Aecidiums, sie sind rund, während die ersteren eckig waren. Man nennt sie Sommersporen (siehe Fig. 285b).

Auch sie trägt der Wind von dannen und bringt sie wieder auf Getreidehalme, wo sie ohne Weiteres keimen und in den



Fig. 284.

Halm eindringen. So verbreitet sich in mehreren Generationen die Rostkrankheit allmählig über das Feld. Die letzte Generation erscheint, wenn das Getreide zu reifen beginnt, aber die von ihr gelieferten Sporen unterscheiden sich wesentlich von denen der früheren. Stand nämlich bei diesen auf jedem Sporenträger eine einzige runde Spore, so trägt diese letzte Generation an der Spitze eine keulenförmige Anschwellung, die durch eine Scheidewand

in zwei Theile getheilt ist. In jeder Abtheilung liegt eine Spore, die man zum Unterschied von den vorigen Wintersporen nennt. Figur 284 zeigt ein Stückchen eines feinen Längsschnitts durch ein Wintersporenlager bei 320 maliger Vergrößerung.

Bringt man solche Wintersporen im kommenden Frühjahr auf das Getreide, so nimmt man staunend wahr, daß sie regelmäßig resultatlos zu Grunde gehen. Säet man sie dagegen auf das Blatt einer Berberitze, so wächst aus jeder der Sporen ein langer Keimschlauch aus (siehe Fig. 285 c, v), der theilt sich durch Querwände an seiner Spitze und jede Abtheilung treibt einen Seitenast mit einem Keimkorn (s) an seinem Ende. Dieses löst sich, wenn es reif ist, ab, treibt wieder einen Keimschlauch, der durch eine Spaltöffnung in's Innere des Berberitzenblattes gelangt und dort zu dem Aecidium heranwächst, von dessen Schilderung wir bei unserer Darstellung ausgegangen sind.


Fig. 285.

Wir haben hier also eine Wechselwirthschaft vor uns, wie sie betreffs der Bandwürmer zwischen Mensch und Schwein stattfindet. Der Pilz ist ein Wesen, das zur Abwicklung seines Lebenslaufs zwei verschiedene Pflanzenarten bedarf, gerade so wie der Bandwurm zwei Thiere. Hier wie dort haben wir eine Art von Generationswechsel, auf der Berberitze das Aecidium mit den Frühlingssporen, dann auf dem Getreide die Puccinia mit den Sommersporen in mehreren Generationen, endlich die Puccinia mit den Wintersporen auf dem reifen Stroh, und zum Schluß den gegliederten Vorkeim, aus dem die Sporen für das Aecidium hervorknospen, also vier verschiedene Vegetationsformen.

Der Schaden des Streifenrosts besteht darin, daß die Pilzwucherung die Kraft des Halms schwächt; die Folge ist, daß er unter der Last der schwellenden Aehre zusammenbricht. Das einfache Mittel gegen diesen Feind unserer wichtigsten Nahrungspflanze ist die Entfernung der Berberitzensträucher.

Nicht alle Rostpilze brauchen zur Abwicklung ihres Lebenslaufs zwei verschiedene Pflanzen. So ist es bei dem Rost der Saubohne; hier findet man Aecidium, Sommer- und Wintersporenlager auf der gleichen Pflanze.

XXI.
Der Getreidebrand.

Nachdem ich im früheren Capitel zwei Fälle von Schmarotzerkrankheiten unserer Culturpflanzen beschrieben, glaube ich mit um so größerem Nachdruck die Wichtigkeit der Fortschritte betonen zu können, die die Landwirthschaft der mikroskopischen Forschung verdankt. Es ist nämlich noch nicht lange her, daß man die Krankheiten der Culturgewächse überhaupt in ganz anderem Lichte betrachtete. Ich will nicht reden von dem Aberglauben an giftige Nebel und stockende Pflanzensäfte, der heute nicht blos unter dem Landvolk noch umgeht, sondern selbst noch in dem Wissensschatze manches Kunst- und Handelsgärtners sich findet, sondern davon, daß selbst unter den Männern der Wissenschaft eine Reihe angesehener Namen noch vor verhältnißmäßig kurzer Zeit eine von unserer heutigen besseren Erkenntniß weit abweichende Ansicht vertraten. Im Jahre 1833 erklärte der berühmte Botaniker Unger in Wien in einem eigenen Werke alle die Krankheiten, die wir heute als veranlaßt durch Schmarotzerpilze erkennen, für Producte eigenartiger Krankheiten, für Afterorganismen, die sich aus den stockenden Säften entwickeln und stellte sie geradezu in eine Reihe mit den sogenannten Hautausschlägen des Menschen. Ja noch im Jahre 1850 erklärte Schleiden in seiner Physiologie der Pflanzen und Thiere den Staubbrand, Schmierbrand, Rost und das Mutterkorn für Pflanzenkrankheiten, „welche auf einem abnormen, durch

fehlerhafte Ernährung der Pflanze herbeigeführten Zellenbildungsprocesse beruhen," und die praktische Folgerung hieraus war natürlich die, daß man diesen Krankheiten nur dadurch entgegentreten könne, daß man die Ernährung der Pflanze entsprechend ändere.

Eine bessere Erkenntniß brach sich erst im Laufe der fünfziger Jahre Bahn und hauptsächlich kommt drei Männern das Verdienst zu, durch genaue Beobachtung die wahre Natur der meisten Pflanzenkrankheiten aufgehellt zu haben, dem Franzosen Tulasne und den beiden Deutschen de Bary und Kühn. Sie zeigten, daß die Brandkrankheit, der Rost, das Mutterkorn durch Schmarotzerpilze hervorgerufen werden. Die Traubenkrankheit, die im Anfang der fünfziger Jahre verheerend auftrat, war die Veranlassung, daß man auch alle die Krankheiten, welche der Volksmund Mehlthau getauft hat, wissenschaftlich untersuchte und zum gleichen Resultat gelangte: auch hier sei es ein Schmarotzerpilz, der die Krankheit mit allen ihren Folgen veranlaßte.

Mit dieser Erkenntniß mußte natürlich all das Heilverfahren aufgegeben werden, welches durch Düngung, also durch Veränderung der Ernährung auf die Pflanze, einwirken wollte. Es handelte sich von da an nur noch um die Vertilgung des Schmarotzerpilzes.

Nachdem ich im früheren Capitel bereits den Rost geschildert, bleibt mir noch übrig, Einiges über die andern Pilzkrankheiten der Culturgewächse zu sagen. Ich stelle den Brand des Getreides voran, von dem man mehrere Formen unterscheidet. Der eine ist der Steinbrand, auch Schmier- oder Stinkbrand oder Kornfäule genannt. Er sitzt im Samenkorn, das sich von dem gesunden nur durch Mißfarbe und gedunsene Form unterscheidet. Bei der zweiten Form, dem Staub- oder Flug- oder Rußbrand, durchbricht der Brandpilz die Samendecke bald nach dem Hervorkommen der Aehre aus der Blattscheide, so daß diese anstatt der Samen schwarze, rußähnliche Staubmassen trägt, die vom Winde verweht werden, und nur die leere Aehre zurückbleibt. Der Staub ist nichts anderes als die winzigen Sporen des Pilzes (siehe Fig. 286 f). Bei der dritten

Form des Brandes, dem Stengelbrand, der auch beim Wälschkorn vorkommt, sind nicht nur die Samen und ihre Hüllen erkrankt, sondern auch Stengel und Blätter zeigen brandige Streifen und beulenartige Auftreibungen.

Schon Persoon sprach sich im Jahre 1801 für die Pilznatur



Fig. 286

der Brandgebilde aus, nachdem schon mehrere Naturforscher vor ihm auf die Aehnlichkeit des Brandstaubs mit Pilzsporen hingewiesen hatten. Daß man nichts destoweniger noch bis zum Jahre 1850 den Brand für eine Abscheidung der Pflanze selbst halten konnte, erklärt sich nur dadurch, daß man bis zu jener Zeit noch ziemlich allgemein an die Urzeugung der Pilze glaubte. Lag doch auch darin eine nicht geringe Schwierigkeit, daß das eigentliche Pilzfadenlager, an dem die Sporen wachsen, sehr bald gänzlich verschwindet, so daß die Sporen allein übrig bleiben.

De Bary und Tulasne, die im Jahre 1853 und 54 die Lebensgeschichte des Brandpilzes feststellten, fanden Folgendes: Im Frühjahr fangen die mit der Aussaat auf das Feld gebrachten oder schon früher sich dort befindenden Brandsporen an, Keimfäden hervorzutreiben, die auf dem Boden, wo sie dicht liegen, bald einen zarten, dünnen, schneeweißen Schimmelüberzug bilden. Stoßen die Pilzfäden auf ein keimendes Getreidekorn, so bohren sie sich gerade so in das junge Pflänzchen ein, wie wir dies von dem Kartoffelpilz bereits beschrieben haben. Ist die Zahl der eingedrungenen Fäden bedeutend,

so stirbt das junge Pflänzchen ab. In der Regel aber beeinträchtigt die Anwesenheit des Schmarotzers die Gesundheit des Pflänzchens nicht, der Halm wächst in die Höhe — der Pilz mit ihm und zwar in einer ganz merkwürdigen Weise, die unwillkürlich an das Kriechen eines Thiers erinnert. Er verlängert sich nämlich fortwährend an dem der Halmspitze zugewendeten Ende und am entgegengesetzten vertrocknen die Fäden und lösen sich auf. Man kann es also ein Kriechen des Zellinhalts nennen. So gelangt der Pilz in die Aehre und bohrt sich in den Fruchtknoten ein, der beim Steinbrand auch nicht gehindert wird zum Umfang eines Samenkorns heranzuwachsen mit dem Pilz in seinem Innern. Den Proceß der Sporenbildung habe ich in Figur 285 abgebildet und zwar von dem Brandpilz des Wälschkorns. a ist das verdickte mit Kernen erfüllte Ende des sporenbildenden Fadens und die übrigen Figuren geben die allmählige Heranbildung bis zur fertigen Spore (f) bei 300facher Vergrößerung. Aus dieser Lebensgeschichte des Brandpilzes erwächst somit für den Landwirth, der sein Feld vor dieser Seuche bewahren will, die bestimmte Aufgabe, für die Fernhaltung der Pilzsporen Sorge zu tragen. Am meisten erprobt hat sich das Einweichen des zur Aussaat bestimmten Getreides in eine verdünnte Lösung von Kupfervitriol. Dadurch werden die Sporen getödtet, ohne daß die Keimkraft des Korns selbst beeinträchtigt wird. Natürlich sind damit eben nur die Sporen beseitigt, welche an dem auszustreuenden Samen haften, nicht aber die, welche auf dem Feld zerstreut liegen. Gegen diese giebt es kein anderes Mittel, als dem Boden erst nach zwei bis drei Jahren wieder Getreide anzuvertrauen, wenn der Schmarotzerpilz aus Mangel an einem Wirthe zu Grunde gegangen ist.

XXII.
Das Mutterkorn.

Eine höchst merkwürdige Geschichte hat das Mutterkorn, das wohl jeder meiner Leser kennt als einen bläulich schwarzen Körper, etwas dicker als ein gewöhnliches Getreidekorn und etwa 3—4 mal so lang. Bekanntlich wird es als Arzneimittel verwendet. Auch hier huldigte man lange Zeit der Ansicht, daß es ein krankhaft verändertes, in Folge ungünstiger Witterung mißgebildetes Samenkorn sei. —

Da das Mutterkorn giftig ist — es entsteht bei Genuß von Mehl, dem viel Mutterkorn beigemischt ist, die sogenannte Kriebelkrankheit und sonstige der Gesundheit höchst gefährliche Zufälle — so hat man natürlich von Seiten der Landwirthe und Botaniker der Sache viel Aufmerksamkeit geschenkt. Die letztern hielten es nun wohl schon seit längerer Zeit für einen Pilz, aber seine Lebensgeschichte wurde erst durch Tulasne und Kühn genauer festgestellt. Es war eine bekannte Erfahrung der Landwirthe, daß das Mutterkorn dann am häufigsten erscheine, wenn es den sogenannten Honigthau im Roggen giebt. So nannte man eine klebrige, schmierige, röthliche, widerlich süß schmeckende Substanz, die zwischen den Spelzen des Roggens hervorquillt. Bei der Untersuchung dieses Saftes fand man, daß er eine unglaubliche Masse winziger eiförmiger Sporen enthält, die von einem schwammigen, den Fruchtknoten umgebenden Pilzfadenlager geliefert werden. Figur 287 a giebt eine Abbildung dieses Pilzkörpers mit seinen Sporen und Sporenträgern bei starker Vergrößerung. Man fand nun weiter, daß da, wo dieses schwammige Pilzgewebe dem Fruchtknoten aufsitzt, ein knopfförmiger harter Körper (Fig. 287 b, unten in der Mitte) entsteht. (Die Figur zeigt den jungen Fruchtknoten des Roggens mäßig vergrößert im Durch-

schnitt, an der Spitze ragen noch die Haare des Fruchtknotens und der Griffelrest über den Pilzkörper hervor.) Dieser harte Körper ist nichts anderes als der Anfang des Mutterkorns.

Dies fängt nun an selbstständig zu wachsen, wobei es den ur=



Fig. 287.

sprünglichen Pilzkörper in die Höhe hebt. (Siehe Fig. 287 c, unten das Mutterkorn, oben der Schwammpilz.) Die Botaniker unterscheiden diese beiden Theile durch eigene Namen. Sie heißen das Mutterkorn Sklerotium und das Pilzgewebe, was seiner Bildung vorausgeht und den sogenannten Honigthau liefert, Sphacelia. Das letztere vertrocknet in dem Maaß, als das Mutterkorn heranwächst und fällt schließlich ab, nachdem es eine Zeitlang als trocknes Käppchen dem eigentlichen Mutterkorn aufsaß.

Was geschieht nun aber mit dem Mutterkorn? Wenn es im

Frühjahr mit dem Samen auf's Feld kommt, so brechen an ihm kolbige Körper hervor (siehe Fig. 287 d in natürlicher Größe) und wachsen zu zolllangen keulentragenden Pilzen von demselben Bau heran, wie ihn alle Pilzfrüchte zeigen (siehe e). Dieser Keulenpilz (Claviceps) trägt in seinem Kopf ein dichtes Gewirre verfilzter Schläuche, in denen linienförmige, sehr feine Sporen reifen. Man schätzt die Zahl der Sporen, die ein Mutterkorn auf diese Weise hervorbringt, auf über eine Million und bei ihrer Kleinheit ist natürlich ein Verschleppen derselben durch den Wind ein fast gewisses Ereigniß, und so gelangen sie in die geöffneten Blüthenkelche.

Das ist aber nicht der einzige Vorgang, durch den die Fortexistenz des Mutterkornpilzes gesichert ist. Wir müssen da noch einmal zurückkommen auf den sogenannten Honigthau, den die Sphacelia absondert. Dieser Saft wird von einigen Käferarten gerne verspeist und wenn wir bedenken, welche Massen von Sporen er enthält, so werden wir begreifen, wie unvermeidlich es ist, daß diese Insecten, von Blüthe zu Blüthe wandernd, außerordentlich viel zur Verbreitung des Mutterkorns beitragen werden. Es ist sehr wohl möglich, daß man dem Mutterkorn überhaupt den Lebensfaden abschneiden könnte, wenn es gelänge, diese Insecten fern zu halten. Es ist dies einer von den Fällen, die uns zeigen, wie oberflächlich eigentlich unser Wissen von den Existenzbedingungen der Organismen noch ist. Sicher sind die Paar Fälle von der Befruchtung und Samenverschleppung mancher Pflanzen durch die Hilfe von Insecten nicht die einzigen, sondern wir haben es hier mit einer weitverbreiteten und allgemein zur Geltung kommenden biologischen Erscheinung zu thun, die uns in der Folge noch manchen räthselhaften Vorgang erklären wird.

XXIII.

Mehl- und Honigthau.

Eine Form des Honigthaus, die des Roggens, hat im vorigen Capitel bereits ihre Deutung gefunden, aber weitaus die größte Zahl von Fällen des sogenannten Honigthaus ist anderen Ursprungs. Nachdem man längere Zeit ihn für eine krankhafte Ausschwitzung der Blätter gehalten hatte, führte der Umstand, daß häufig auch Steine und Holz, kurz andere fremde Körper, die unter dem befallenen Baume liegen, ebenfalls beschmiert sind, auf die Erkenntniß des eigentlichen Sachverhalts. Er ist nichts anderes als eine Ausscheidung der Blatt- und Schildläuse, die tropfenweise herabfällt. Bekanntlich sitzen diese Schmarotzer vorzugsweise an der Rückseite der Blätter, so daß der fallende Tropfen die obere Seite der unteren Blätter trifft. Für die Pflanze ist dies in mancher Beziehung nicht gleichgiltig. Abgesehen davon, daß die Läuse die Zellen des Blattes beschädigen und dies in Folge davon verkrüppelt, verstopft der Honigsaft die Spaltöffnungen. Ferner haften natürlich an den klebrigen Stellen die in der Luft schwimmenden Pilzsporen viel leichter als an anderen Stellen, und deshalb ist der Honigthau jedenfalls unter die begünstigenden Ursachen aller Pilzkrankheiten zu rechnen.

Von diesen bleibt uns zur Besprechung nur noch das übrig, was der Volksmund Mehlthau und Rußthau nennt. Im Allgemeinen bezeichnet der Landwirth jeden ungewöhnlichen weißen Ueberzug der Pflanzen als Mehlthau, also mitunter auch die Fälle, wo der Ueberzug nichts anderes ist, als die vertrockneten Häute von Blatt- und Schildläusen; allein die Mehrzahl der Fälle gehört unter die Kategorie der Pilzkrankheiten und sind veranlaßt durch die sogenannten Mehlthaupilze (Erysiphe). Dies sind zarte weiße Fäden, die wie ein Spinngewebe über die Oberfläche der Pflanzentheile sich verbrei-

ten. Auf und zwischen ihnen stehen die sporenbildenden Organe. Zu dieser Abtheilung gehört der bekannte Pilz der Traubenkrankheit. Diese Pilze haben eine dreifache Fortpflanzung. Ihre eigentliche Frucht ist eine zellige, häutig fleischige, kugelige Kapsel, die bei ihrer Reife aufspringt und rundliche Sporen entleert. Außerdem erheben sich auf dem wagerecht verbreiteten Pilzfadenlager aufrechte gegliederte Aeste, die sich in Keimzellen, sogenannte Conidien, abschnüren.

Die dritte Art der Fortpflanzung ist die, bei der die aufrechten Fäden, anstatt Conidien abzuschnüren, durch Anschwellung von ein oder zwei Gliedern einen zelligen Schlauch bilden, in dessen Höhlung eiförmige Sporen sich entwickeln. Da häufig diese verschiedenen Fortpflanzungsformen getrennt und nicht auf demselben Lager vorkommen, so hat man mehrere Arten von Mehlthaupilzen vermuthet und die eine, die Conidien bildende Form ist das, was man speciell als Traubenpilz, als Oidium Tucceri beschrieb.

Die Mehlthaupilze kommen auf einer großen Anzahl von wilden und Culturpflanzen vor. Von den letzteren nenne ich neben der Traube den Hopfen, das Getreide, die Hülsenfrüchte und die Rosen. Am empfindlichsten sind bekanntlich die Verheerungen des Traubenpilzes, unter denen besonders südlichere Gegenden gelitten haben und noch leiden. Auf der Insel Madeira ist es sogar so weit gekommen, daß es dort buchstäblich keine Weinstöcke mehr giebt und wenn man heute noch Madeirawein trinkt, so ist das ein vollständiger Anachronismus. Es giebt keinen mehr.

Man hat ein Mittel der Verbreitung dieses Pilzes Einhalt zu thun an dem Schwefel, der mittelst eines Blasebalges als feiner Staub auf die befallenen Pflanzen geblasen wird. Allein in vielen Bezirken ist man eben nicht frühzeitig und energisch genug mit diesem Mittel vorgegangen und natürlich, wenn es nicht gleichzeitig geschieht, so trägt der Wind die Sporen davon und besät die Pflanzen auf's Neue. Wo aber die Schwefelung rechtzeitig und gleichzeitig im ganzen Bezirke vorgenommen wurde, gelang es, die Krankheit, wenn auch nicht zu tilgen, so doch bedeutend zu mindern. Inter-

essant und der Erwähnung werth ist noch die Beobachtung, daß der Traubenpilz auch den Menschen einzeln befallen hat und einen ziemlich hartnäckigen Hautausschlag erzeugte.

Der sogenannte Rußthau, der auf Hopfen, Weinstock und Aepfelbäumen vorkommt und dort ein frühzeitiges Absterben der Blätter bewirkt, ist ein Fadenpilz, von dem es mehrere Gattungen und Arten giebt. Auch die Maulbeerpflanze wird von einem höchst gefährlichen Pilz, der Septoria mori, heimgesucht, kurz, die Zahl der bekannten Schmarotzerpilze wächst von Jahr zu Jahr, trotzdem, daß das Mikroskop immer häufiger den Generationswechsel bei den Pilzen nachweist und so eine Menge Formen aus der Liste der selbstständigen Arten gestrichen werden müssen. Jedenfalls spielt unter den Krankheiten der Culturgewächse das Schmarotzerthum eine so hervorragende Rolle, gegenüber den Krankheiten, die nur als Ernährungsstörungen aufgefaßt werden dürfen, daß der Landwirth noch weit weniger der mikroskopischen Forschung entbehren kann als der, der mit den Krankheiten der Thiere zu thun hat.

XXIV.
Milzbrand und die Miasmen.

An die Geschichte des Schmarotzerthums knüpft sich selbstverständlich die Betrachtung, in wie weit die Erkrankungen des Menschen auf die Anwesenheit von Schmarotzern zurückzuführen sind.

In den früheren Capiteln habe ich bereits die wichtigsten Parasiten des Menschen aufgezählt und gezeigt, wie es bald thierische bald pflanzliche Organismen sind, die mehr oder weniger eingreifende Erkrankungen verursachen. Seit diesen Entdeckungen und namentlich seit Pasteur seine bekannten, schon auf Seite 144 in Kürze mitgetheilten Versuche über die Gährung angestellt hat, wirft die mikroskopische Forschung sich mit Eifer auf das Studium der Krankheiten, welche wir als miasmatische und contagiöse bezeichnen.

Es sind dies die Seuchen, bei welchen wir ein bestimmtes Gift annehmen müssen, das entweder in dem kranken Thierkörper entsteht oder dessen Entstehung an ganz bestimmte äußere Verhältnisse gebunden ist. Ich will mich hier nicht in den wissenschaftlichen Streit einlassen, der seit einer Reihe von Jahren die gelehrten Aerzte bewegt und der darin besteht, ob bei gewissen Krankheiten ein sogenanntes Contagium (Ansteckungsstoff) sich entwickelt, welches allein die Krankheit verursacht und weiter fortpflanzt, oder ob die Krankheit blos auf innere Ursachen des betreffenden Organismus zurückzuführen ist, neben denen die äußeren Verhältnisse, Klima, Bodenbeschaffenheit, Jahreszeit &c., nur die Rolle nebensächlicher begünstigender Ursachen spielen. Ich will vielmehr mich zunächst nur an das Thatsächliche halten und dann einige Reflexionen über dieses dunkle Gebiet daran anknüpfen.

Ich beginne mit dem Fall, in welchem die mikroskopische Untersuchung bereits die wünschenswerthe Klarheit gebracht hat, nämlich mit dem Milzbrand, dieser fürchterlichsten aller Thierseuchen, die bekanntlich auch den Menschen befallen kann.*) Bereits im Jahre 1856 fand Krause im Blut der noch lebenden Thiere stab- oder keulenförmige Körperchen (siehe Fig. 288), die er aber noch für umgewandelte Blutkörperchen hielt. Nach ihm haben mehrere Naturforscher ihr Augenmerk auf diese stabförmigen Körperchen gerichtet und im Jahre 1863 wurde von zwei französischen Naturforschern, Davaine und Signol, die Sache einer genauern Untersuchung unterworfen.

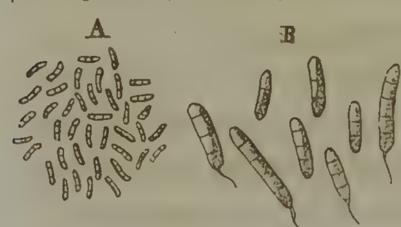


Fig. 288.

Es fand sich, daß diese Stäbchen im Blut milzbrandiger Thiere eine regelmäßige Erscheinung sind. Eine lange Reihe von Impfversuchen an Kaninchen, Ratten, Mäusen und Meerschweinchen stellte

*) Auf Seite 147 hat sich ein Irrthum eingeschlichen, indem dort die Rotzkrankheit als veranlaßt durch Bacterien angegeben ist.

unzweifelhaft fest, daß diese Stäbchen nicht etwa der Träger des Giftes sind, sondern das Gift selbst. Man fand nämlich Folgendes: spritzt man das frische stäbchenhaltige Blut in die Adern eines zuvor gesunden Thieres, so bekommt es die Krankheit und in seinem Blute findet man die Stäbchen in solchen Mengen, daß kein Zweifel darüber sein kann, daß sie sich vermehrt haben. Außerdem kann man unter dem Mikroskop den Vermehrungsproceß durch Theilung direct beobachten. Da man früher die Milz für das Organ hielt, von dem die Krankheit ausgehe und so die Vermuthung nahe lag, daß die Stäbchen in der Milz entstehen, so schnitt Davaine zwei gesunden Ratten die Milz heraus und impfte sie nach erfolgter Heilung mit milzbrandigem Blute. Der Erfolg war derselbe. Die Ratten starben unter allen Erscheinungen des Milzbrandes und ihr Blut enthielt die fraglichen Stäbchen in enormer Quantität. Damit war aber die Sache noch nicht entschieden. Man konnte immerhin einwenden, es seien die übrigen Bestandtheile des Blutes das eigentliche Gift und die Stäbchen nur Begleitserscheinung. Dieser Zweifel wurde durch neue Experimente gehoben. Einmal kochte man das milzbrandige Blut, bis die Stäbchen verschwunden waren. Die Impfung mit solchem Blut erzeugte keinen Milzbrand. Weiter bemerkte man, daß bei der Fäulniß des milzbrandigen Blutes die Stäbchen zu Grunde gehen und verschwinden. Auch die Impfung mit solchem Blut erzeugte keinen Milzbrand, sondern wenn Krankheitserscheinungen eintraten, so trugen sie den Charakter der gewöhnlichen Leichenvergiftung. Weiter stellte man fest, daß die Stäbchen nur dann zu Grunde gehen, wenn das Blut faule, nicht aber, wenn es eintrockne.

Alle diese Erscheinungen zusammengenommen stellen unwiderleglich fest, daß die Stäbchen selbstständige parasitische Organismen seien, die durch ihre Anwesenheit im Blut dessen Zersetzung und damit alle die bekannten Krankheitserscheinungen hervorrufen.

Die Botaniker stellen die Milzbrandstäbchen in die Abtheilung der sogenannten Spaltpilze und geben ihnen den Namen Bacterien oder Bacteridien. Hieran reihen sich andere Wahrnehmungen, freilich

noch zweifelhafter Natur. Eine solche ist die Beobachtung eines Prager Arztes, der bei der in Spitälern vorkommenden ansteckenden Augenkrankheit durch Untersuchung der Luft mittelst des Pasteur'schen Verfahrens Eiterkörperchen gefunden haben will, wodurch natürlich die Ansteckung ohne directe Berührung erklärt wäre. Man hat auch anderswo den Staub untersucht, der an den Wänden von Spitälern sich ansetzt und darin nebst Massen von Oberhautzellen Körper gefunden, die vertrockneten Eiterzellen glichen.

Diese Thatsachen, zusammengehalten mit der Entdeckung Pasteur's, daß alle Gährungserscheinungen Folge von Pilzvegetationen sind, legen natürlich die Vermuthung nahe, daß auch andere Krankheiten, welche unter der Form von acuter Blutzersetzung auftreten, eine ähnliche Ursache haben dürften, wie andere Gährungen und wie die Zersetzung des Blutes beim Milzbrand.

Die Krankheitsprocesse, die sich in dieser Beziehung verdächtig machen, sind die Cholera, die sogenannten Malariakrankheiten (Wechselfieber, gelbes Fieber) und Typhus. Besonders sind es die zwei ersteren, für deren Ursache schon lange vor den Pasteur'schen Versuchen mikroskopische Organismen gehalten wurden.

Schon im Jahre 1854 erklärte Mühry die Miasmen für mikroskopische keimfähige Organismen und ihm schließt sich der berühmte Arzt Skoda bezüglich der Malariakrankheiten an. Er sagt, die Feuchtigkeit der Sumpfluft könne die Ursache nicht sein, da es sehr feuchte Orte ohne Sumpffieber gebe, Gase können es wieder nicht sein, da die Chemie keine Gase auffinden könne, die eine solche Wirkung auf den Menschen hätten. Deshalb bleibe ihm nur die Vermuthung übrig, daß es mikroskopische Organismen seien.

Neuerdings sind durch die Bemühungen von Pettenkofer in München bezüglich der Cholera folgende Thatsachen erhoben worden:

Diese Krankheit hält sich in ihrem Auftreten fast ausschließlich an Orte, die auf einem porösen, von Grundwasser durchsetzten Boden stehen, und bricht dann aus, wenn das Grundwasser nach einem ungewöhnlich hohen Stande rasch zurückgeht. Weiter ist es bezüglich

der Cholera bekannt, daß während einer Epidemie die Brunnen, die in das Grundwasser gebohrt sind, eine wesentliche Aenderung erleiden. So berichtet Dr. Fickel, daß im Sommer 1849 beim Ausbruch der Cholera in Zittau und Obersdorf das Trinkwasser plötzlich seine Frische verlor, den Durst nicht mehr löschte, Kollern im Leib und Neigung zu Durchfällen verursachte. Der Verfasser konnte es während der ganzen Epidemie nicht mehr trinken.

In auffallender Weise stimmen damit die Beobachtungen überein, die man über die Cholera an ihrem Heimathsort, den Flußniederungen Indiens, anstellte. Eine fünfundzwanzigjährige Beobachtung setzte einen englischen Arzt in den Stand, die Summe der Todesfälle jedes Monats zusammenzuhalten mit der Regenmenge desselben. Da ergab sich denn die auffallende Thatsache, daß in den regenreichsten Monaten die Zahl der Cholerafälle stetig abnimmt. Dieser günstige Gesundheitszustand erhält sich auch noch in der ersten Zeit, wo die Regenmenge schon abgenommen hat, dann aber fängt die Krankheit an und erreicht ihren höchsten Grad in der trockensten Jahreszeit. Dies stimmt, wie gesagt, ganz genau überein mit den Pettenkofer'schen Beobachtungen über das Grundwasser. Denn gerade der Umstand, daß die Cholera nicht sogleich auftritt, wenn die Regenzeit vorüber ist, sondern erst einige Zeit nachher, weist darauf hin, daß nicht der Wassergehalt der Luft, sondern der des Bodens es ist, dessen Schwankungen gleichen Schritt halten mit der Cholera.

Sprechen diese Erfahrungen dafür, daß das Choleragift im Wasser entsteht, so ist dies von der Malaria außer allem Zweifel. Unser einheimisches Wechselfieber wird durch ein Gift verursacht, das sich in unseren Süßwassersümpfen bildet und das gelbe Fieber der Tropen hat seinen Sitz im Seewasser, das unter eigenen Verhältnissen sich befindet. Die Beobachtungen auf Schiffen beweisen z. B. unwiderleglich, daß es das stagnirende Wasser im Kielraum ist, welches das Gift aufnehmen und durch lange Zeit bei Leben erhalten kann. Die Thatsache, daß diese Krankheitsgifte im Wasser entstehen, bildet die Grundlage aller Vermuthungen über ihre Natur. Ich setze

dem Leser folgendes Raisonnement über die sogenannten Miasmen bei. —

Zunächst muß festgestellt werden, daß keinerlei Thatsache für die Vermuthung spricht, die Miasmen gehören zu den sogenannten Imponderabilien, seien also z. B. Folge verminderter Elektricität. Es ist jedenfalls ein wägbarer Stoff, der im Wasser entsteht und aus diesem in den Luftkreis gelangen kann. Dadurch wird eine andere Kategorie von Stoffen, nämlich die bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtigen mineralischen, ausgeschlossen. Es bleiben uns also nur Stoffe übrig, die aus der organischen Welt stammen. Die Hauptfrage ist nun die: Ist es ein gasförmiger Körper, durch den Lebensproceß oder die Fäulniß anderer Organismen entbunden, oder sind es lebendige Organismen, wie sie für die Gährungserscheinungen und für den Milzbrand nachgewiesen wurden.

In Bezug auf die gasförmige Natur muß hervorgehoben werden, daß man alle die Gase, die sich bei der Fäulniß von Thier- und Pflanzenleibern entwickeln, Phosphorwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak 2c., längst kennt und noch nie beobachtet hat, daß bei künstlichem Darstellen solcher Gase irgend einmal Sumpffieber, Cholera oder gelbes Fieber entstanden sind. Die Behauptung, es könne vielleicht doch noch irgend ein unbekanntes Gas geben, ist nicht stichhaltig, denn aus was der Thier- und Pflanzenleib zusammengesetzt ist, wissen wir. Es sind lauter Stoffe, für deren Nachweis die Chemie ausreichende Mittel besitzt, um sie selbst noch in den geringsten Mengen zu erkennen. Hiergegen ist von mancher Seite eingewendet worden, daß bei der Fäulniß nicht blos die Endresultate der ganzen Zersetzung die wirksamen sein könnten, sondern die complicirt zusammengesetzten Gase, welche sich im Uebergangsstadium befinden. Hierauf wie überhaupt auf die Lehre, daß das Gift ein Fäulnißgas sei, ist Folgendes zu bemerken.

Die Fäulniß thierischer und pflanzlicher Reste ist eine Erscheinung, die in allen Ländern gleich ist und hängt nur ab von einer gewissen Feuchtigkeit und gewissem Wärmegrad. Sie kommt ferner

zu jeder Zeit in allen diesen Ländern vor und die gasförmigen Producte, die sie liefert, sind überall die gleichen. Wenn nun die Fäulnißgase die alleinige Ursache wären, so wäre einmal unerklärlich, warum sie im einen Fall Typhus, im andern Cholera, im dritten gelbes Fieber, im vierten das Sumpffieber verursachten und noch weniger erklärlich wäre, warum z. B. das gelbe Fieber nur in den Seestädten an der Ostküste Amerikas und nicht gleichmäßig in allen Hafenstädten der Tropenzone sich findet — warum nur die Sümpfe der großen Continente das Sumpffieber erzeugen, nicht aber die Sümpfe auf Neuseeland und Vandiemensland, also mit einem Wort, warum diese Krankheiten nicht überall und zu jeder Zeit sich finden, sondern nur an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten.

Ferner sprechen gegen die gasartige Natur die Erfahrungen mit den bekannten giftigen Gasen, Blausäure, Leuchtgas, Kohlensäure &c. Alle diese Gase wirken auf alle Menschen gleich, während bekanntlich bei den erwähnten Krankheiten die eine Person befallen wird, während die andere, die sich in ganz gleicher Weise der Schädlichkeit aussetzte, frei bleibt. Ferner wissen wir von den bekannten Gasen, daß ihre giftige Wirkung sogleich zum Vorschein kommt, während das Gift der oben erwähnten Krankheiten erst nach einer gewissen Frist, einer Art Keimungsperiode, seine Wirkung äußert. Endlich steht die giftige Wirkung der bekannten Gase in geradem Verhältniß zu ihrer Concentration, was bei den sogenannten Miasmen wieder nicht der Fall ist.

Die Ansicht, daß die Miasmen Fäulnißgase seien, wird also durch gar nichts unterstützt, als durch die Thatsache, daß das Gift bei Fäulnißprocessen sich entwickelt, es spricht aber Alles dagegen, daß es ein Gas ist. Was ist da natürlicher, als die Vermuthung, daß etwas Anderes, was bei jeder Fäulniß erscheint, nämlich belebte Organismen thierischer oder pflanzlicher Natur das eigentliche Gift seien? Principielle Einwendungen hiergegen giebt es nicht, da schon der Fall beim Milzbrand klar beweist, daß das Eindringen mikroskopischer Organismen in den Thierkörper Krankheitsprocesse erzeugen

kann, wie sie für alle acute Ansteckungskrankheiten charakteristisch sind. Eine weitere Unterstützung dieser Vermuthung liegt, wie schon bemerkt, in den von Pasteur in's Licht gesetzten Ursachen der Gährung und in der Aehnlichkeit dieser Krankheitsprocesse mit den Gährungserscheinungen. Hierzu kommt aber noch ein positiver Grund, den Griesinger, eine der ersten Autoritäten in Bezug auf diese Krankheiten, so ausdrückt: „Der Verlauf der Epidemien zeigt Verhältnisse, die an das zeitweise Kommen, sich Ausbreiten und Verschwinden gewisser niederer Organismen lebhaft erinnern. Die äußeren Fördernisse der miasmatischen und contagiösen Krankheiten stimmen in vieler Hinsicht sehr überein mit dem, was Leben, Wachsthum und Verbreitung der niedersten Organismen fördert."

Ich will darüber einiges Nähere angeben. Bereits oben sagte ich, daß die fraglichen Krankheitserzeuger in wässerigen Flüssigkeiten sich entwickeln und zwar in solchen, die reich an organischen Bestandtheilen sind. Das ist nun bekanntlich die günstigste Lebensbedingung für niedere Organismen jeglicher Art. Für's Zweite wissen wir, daß alle diese Organismen in den Luftkreis eindringen können und daß dies hauptsächlich dann der Fall ist, wenn Flüssigkeiten, die solche Organismen beherbergen, eintrocknen, so daß sie jetzt der aufsteigende Luftstrom davon führen kann. Dies harmonirt vollkommen mit der bekannten Erscheinung, daß das Sumpffiebergift am mächtigsten auftritt, wenn die Sümpfe vertrocknen und die Cholera erscheint, wenn das Grundwasser zurücksinkt.

Fassen wir noch einmal kurz zusammen: die Ansicht, als seien die Miasmen Fäulnißgase, stützt sich nur auf die Thatsache, daß überall ihre Entstehung mit dem Fäulnißproceß in wässerigen Flüssigkeiten zusammenfällt. Diese Thatsache spricht aber ganz ebenso stark für die Ansicht, daß die Miasmen lebende Wesen seien, da bei der Fäulniß das Auftreten von Organismen eine ebenso regelmäßige Erscheinung ist, wie das von Gasen. Nun spricht aber Alles, was wir über Entstehung, Natur und Wirkung der Fäulnißgase wissen, gegen die Gasnatur der Miasmen und andererseits Alles, was wir über

die Lebensgeschichte und Wirkung der niedersten Organismen wissen, dafür, daß die Miasmen belebte Wesen sind. Nur das Eine spricht dagegen, daß wir sie noch nicht gefunden haben.

Da müssen wir auch sofort das Geständniß ablegen, daß man sie noch gar nicht ernstlich gesucht hat.

Warum habe ich die vorstehende vielleicht etwas zu lang gewordene Auseinandersetzung dem Leser vorgelegt?

Abgesehen davon, daß es jeden gebildeten Menschen interessiren muß, etwas Näheres über die fürchterlichsten Seuchen des Menschengeschlechtes zu erfahren, wollte ich zunächst dem Leser einen Ausblick eröffnen auf die wunderbaren Beziehungen der Organismen unter einander. Ich wollte ihm nahe rücken, daß unter den Existenzbedingungen eines jeden Organismus und speciell des Menschen alle die Organismen, die den gleichen Boden mit ihm bewohnen, die in dem Wasser leben, das er trinkt, in der Luft, die er athmet, eine nicht minder wichtige Rolle spielen, als Klima und Nahrung. Endlich aber wollte ich ihm nahe legen, welch wichtige Rolle der Theil der Thier- und Pflanzenkunde spielt, der sich mit der Lebensgeschichte der Organismen befaßt, und wie die wichtigsten Fragen über die Bedingungen unserer eigenen Existenz keine Lösung finden können, ohne das Mikroskop, das allein im Stande ist, die Feinde uns vor Augen zu führen, die durch ihre Kleinheit und Allgegenwart uns am gefährlichsten werden. —

XXV.

Krankheit.

Was ist Krankheit? Das ist eine Frage, die das Menschengeschlecht beschäftigt, seit es angefangen hat, über sich selbst nachzudenken und äußerst mannigfaltig sind die Antworten, welche die ver-

schiedenen Zeitrichtungen darauf gegeben haben. Wäre es theils interessant, theils unterhaltend, alle die mehr oder minder barocken Ansichten über Natur und Ursache der Krankheit zusammenzustellen, so würde uns dies doch zu weit abführen von unserer eigentlichen Aufgabe: Was hat das Mikroskop zur Lösung dieser uns so nahe angehenden Räthsel gethan?

Wenn ich das zusammenfasse, was in den vorangehenden Capiteln über Schmarotzerthum, Miasma und Contagium gesagt worden ist, so bildet das das eine Gebiet, nämlich die Lehre von den Krankheitsursachen, dessen fruchtbare Bebauung wir wesentlich dem Vergrößerungsglase verdanken. Mit seiner Hilfe haben wir eine ziemliche Reihe von Krankheiten als die Folge des Eindringens fremder Organismen in unsern Leib erkannt und bei einigen der schwersten Seuchen des Menschengeschlechtes ist die Frage nach Natur und Ursache soweit eingeengt, daß wir eine endliche Entscheidung nur vom Vergrößerungsglase erwarten dürfen. Jeder, der das Vorangegangene sich vergegenwärtigt, wird gerne einräumen, daß die Forschung mit Befriedigung auf die abgelaufene Periode ihrer Thätigkeit zurück blicken darf und mit der Zuversicht auf neue Erfolge ihre Arbeit fortsetzen kann.

Für weniger befriedigend halten Manche die Resultate der mikroskopischen Forschung über die krankhaften Veränderungen des Körpers selbst. Namentlich wird von Seite der Heilkunde der praktische Werth des Vergrößerungsglases häufig sehr gering angeschlagen. Es würde natürlich zu weit führen, wollte ich hier all das aufzählen, was man in und an dem kranken Menschenleibe mit diesem Instrumente wahrnehmen kann; doch soll hier das Gesammtresultat dessen, was das Mikroskop für unsere Auffassung der krankhaften Vorgänge Nützliches zu Tage gefördert hat, eine Stelle finden, stellt ja doch heute jeder Gebildete an die Wissenschaft die Anforderung, daß sie ihn mit ihrem jeweiligen Standpunkte bekannt macht, wenn er es auch verschmäht sich in die mannigfaltigen Streitfragen zu mischen, die überall da discutirt werden,

wo die exacte Forschung noch nicht bis auf den Grund gedrungen ist.

Einen solchen Ueberblick zu geben, wird mir am besten gelingen, wenn ich an die Darstellung anknüpfe, welche ich von dem Bau des Thier- und Pflanzenkörpers gegeben habe.

Ein Staat von Zellen ist es, war meine Antwort auf die Frage nach der Natur des organischen Leibes, ein Staat von mikroskopischen Einzelwesen, gegliedert nach dem Gesetze der Arbeitstheilung zwischen Persönlichkeiten, deren jede gewisse Grundverrichtungen mit allen andern gemein hat. Wir haben sehr wohl unterschieden: welche Arbeit leistet das einzelne Staatsmitglied zum Wohle des Gemeinwesens und welches ist die Arbeit, die seine Selbsterhaltung zum Zweck hat. Wir sahen, daß in dem Leibe der höher gearteten Wesen eine außerordentliche Mannigfaltigkeit von einzelnen Existenzen sich findet, wenn wir ihr Verhältniß zum Staatsganzen in's Auge fassen. Beschränken wir uns auf Angabe einiger Kategorien. Es giebt solche, welche zur Erhaltung des Ganzen so gut wie nichts beitragen; eine große Zahl anderer dient nur dadurch dem Ganzen, daß ihre starren Leichen oder Abscheidungen Halt und Festigkeit geben; ein dritter Theil vertritt die eigentliche einheitlich geleitete Staatsgewalt, von deren regelmäßigem Zusammenwirken die Thätigkeitsäußerungen des ganzen Leibes abhängen und endlich ein vierter Theil, nämlich die Zellen in den den Körper durchkreisenden Ernährungsflüssigkeiten, sorgt für die leiblichen Bedürfnisse eines jeden einzelnen Mitarbeiters am Staatshaushalt.

Wie stellt sich nun dieser durch's Mikroskop zu Tage geförderten Auffassung des Thierleibes gegenüber die Antwort auf die Frage: was ist Krankheit? Offenbar kann sie ebenso wenig einfach ausfallen, als wenn heutzutage Jemand im Allgemeinen nach der Natur der Krankheiten unserer Staatskörper frägt. Wenn man aber eine umfassendere Antwort geben will, so kann sie immer nur so lauten: K r a n k h e i t i s t j e d e S t ö r u n g i n d e r A b w i c k l u n g d e r S t a a t s - g e s c h ä f t e u n d i n d e r E x i s t e n z d e r e i n z e l n e n S t a a t s m i t -

glieder. Aber solche allgemeine Antworten sind nahezu so gut wie gar keine. Um eine Vorstellung von dem Wesen der Krankheit zu bekommen, müssen wir näher darauf eingehen, welche Störungen in dem Getriebe eines solchen Staatsganzen möglich sind. Ich will im Folgenden versuchen, eine Auseinanderlegung in einige Hauptgruppen zu geben, in so weit ihre Beobachtung entweder wirklich mikroskopisch geliefert oder wenigstens erschlossen werden kann, und beginne mit denjenigen Vorgängen, welche eine Erkrankung des ganzen Körpers nach sich ziehen, um mich dann den mehr örtlichen Störungen des Gesammthaushaltes zuzuwenden.

XXVI.

Das Blut des Kranken.

Es ist eine geläufige Redensart im Volksmunde und selbst bei Gebildeten, die Krankheit bestehe in der Anwesenheit verdorbener Säfte. Sie ist natürlich so einseitig, wie alle derartige allgemeine Vorstellungen, aber wie es keine derartige giebt und sei es auch die einfachste Bauernregel, welche nicht einen Theil der Wahrheit treffen würde, so auch hier. Die Medicin führt mit vollkommenem Recht eine Reihe von Krankheiten allgemeiner Natur zurück auf eine nicht entsprechende Beschaffenheit der Ernährungsflüssigkeiten und zwar speciell des Blutes. Es ist auch natürlich. Der Leib des Menschen hat dadurch eine so weit gehende Unabhängigkeit von den ihn umgebenden Nahrungsmitteln erlangt, weil er durch ein reich entwickeltes Gefäßsystem für eine gleichmäßige und bleibende Ernährung jedes einzelnen Staatsmitgliedes Sorge getragen hat. Die Zellen, die seinen Leib zusammensetzen, sind alle entweder mittelbar oder unmittelbar auf die Nahrung angewiesen, die das Blut ihnen bietet und eine Veränderung

in seiner Zusammensetzung muß alle von ihm ernährten Zellen empfindlich treffen. Wird es durch eingedrungene fremde Organismen, wie die Bacterien beim Milzbrand, in seiner chemischen Zusammensetzung geändert, so ist allgemeiner Zelltod die Folge, wird ihm, wie bei der Cholera, sein Wassergehalt entzogen, so daß die dickliche Flüssigkeit von dem Herz nicht mehr bis in die Enden der feinsten Gefäßverzweigungen fortgepumpt werden kann, so mangelt es den dort liegenden Zellen an Nahrung. Ferner ist ja das Blut nicht blos Nährstoff für die Zellen des Leibes, sondern es ist auch die Flüssigkeit, welche alle Auswurfsstoffe derjenigen Zellen, welche im Innern der Gewebe liegen, in sich aufnimmt, um sie erst an bestimmten andern Orten wieder mit Hilfe von Zellen auszustoßen. Wenn nun, wie in dem Fall der Cholera, der Blutumlauf so behindert wird, so sammeln sich solche Auswurfsstoffe, wie beispielsweise Kohlensäure, Harnstoff ꝛc., im Blute an, und wenn dies Substanzen sind, die dem Leben der Zellen direct feindlich werden, so entsteht eine Blutvergiftung, die dem Leben des ganzen Körpers gefährlich wird.

Dies sind unleugbare Thatsachen, allein man wäre groß im Irrthum, wenn man dies verallgemeinern und die Behauptung aufstellen wollte: Alle oder wenigstens die meisten Krankheiten seien veranlaßt durch Entmischungen des Blutes. Eine kurze Auseinandersetzung wird im Stande sein, den Leser zur Erfassung des wirklichen Sachverhaltes geschickt zu machen.

Es ist allerdings wahr, das Blut ist das Nahrungsmittel für alle Zellen des Körpers, entweder mittelbar oder unmittelbar, allein man vergesse nicht, daß das Blut des Menschen nirgends in offenem Verkehr mit der Außenwelt steht, aus welcher ja in letzter Linie alle Nahrung kommt. Alle Stoffe also, die das Blut enthält, seine ganze Zusammensetzung verdankt es der Lebensthätigkeit aller der Zellen, die aus ihm Nahrung schöpfen und demselben ihre Absonderungen beimischen. Den belebenden Sauerstoff erhält es aus den Epitelzellen, die die Lungenoberfläche auskleiden, seine Nahrung an flüssigen Stoffen liefert ihm die Thätigkeit der Epitelzellen des

Darms — kurz das Blut ist in seiner ganzen Zusammensetzung ein Product der gesammten Lebensthätigkeit aller Zellen des Körpers.

Sehen wir also von den wenigen Fällen ab, wo durch Eröffnung der Gefäßbahn bei Verletzungen giftige Stoffe direct dem Blut beigemischt werden, so wird das Blut alle die schädlichen Stoffe, die es in Krankheitsfällen enthält, ebenso nur von den Zellen des Körpers beziehen, wie es die normalen Stoffe von ihnen empfängt, denn außerdem wäre nur das Eine noch möglich, daß das Blut selbst die Gifte erzeugt.

In Bezug auf das Letztere muß gesagt werden, daß eine solche Annahme sehr wenig für sich hat. Zu der Zeit, als man Gährung und Fäulniß für Vorgänge hielt, die so zu sagen ohne äußere Veranlassung eintreten, konnte man noch an solche Selbstzersetzungen des Blutes denken. Seit man aber weiß, daß alle diese Zersetzungen organischer Stoffe nur durch den Lebensproceß lebendiger Zellen (Hefezellen ꝛc.) hervorgebracht werden, und bei mangelnder Gegenwart solcher Zellen die organischen Stoffe eine hohe Widerstandskraft besitzen, sind wir bei Blutzersetzungen, wenn wir die Zellen der Gewebe ausschließen, nur angewiesen auf die Zellen, die im Blute schwimmen, die sogenannten Blutkörperchen.

Bekanntlich giebt es zwei Arten von Blutkörperchen, die rothen und weißen. Nehmen wir die erstern, welche ja der Masse nach so überwiegen, daß im normalen Zustand auf 300 rothe Blutkörperchen erst ein weißes kommt, so müssen wir zunächst hervorheben, daß sie sehr constante, wenig zu Veränderungen geneigte Körper sind. Alles, was wir über sie wissen, bestärkt uns in der Ansicht, daß sie äußerst wenig von dem besitzen, was wir eigene Lebensthätigkeit nennen können. Zunächst ist zu bemerken, daß ihnen beim erwachsenen Menschen die Vermehrungsfähigkeit durch Theilung ganz abgeht. Wenn wir daneben stellen, daß die Gährungserscheinungen gleichen Schritt halten mit einer Vermehrung der Hefenzellen und stillstehen, wenn diese stillsteht, so können wir unmöglich annehmen, daß die rothen Blutkörperchen durch ihre Lebensthätigkeit einen wesentlichen Einfluß

auf die Zusammensetzung des Blutes haben können. Dazu kommt noch Folgendes: Wir wissen, daß die Lebensthätigkeit der Zellen in hohem Grade abnimmt, wenn der Zellenkern verschwindet, nun besitzen die rothen Blutkörperchen keinen Kern — ein weiterer Grund, ihre Thätigkeit äußerst niedrig anzuschlagen.

Wenden wir uns zu den farblosen Blutkörperchen, so ist von diesen allerdings neuerer Zeit manches bekannt geworden, was ihnen eine höhere Bedeutung zuspricht. Allein doch ist darunter nichts, was eine Vermehrung durch Selbsttheilung anzeigt. Sie sind die Jugendformen der rothen Blutkörperchen und stammen höchst wahrscheinlich ab von jenen Zellgruppen, die wir Lymphdrüsen genannt haben. Mit der eigenen Vermehrungsfähigkeit fehlt ihnen das wesentlichste Mittel auf die Zusammensetzung des Blutes abändernd einzuwirken, allein doch sind wir hier an einem Punkt angelangt, der bei der Erkrankung des Gesammtkörpers eine Rolle spielt.

Es ist eine Thatsache, daß es eine Reihe von Krankheiten giebt, bei denen die Zahl der weißen Blutkörperchen im Verhältniß zu den rothen bedeutend vermehrt ist: während normal erst auf 300 rothe ein weißes kommt, hat man Fälle gesehen, wo schon auf drei rothe ein, ja selbst zwei farblose kamen.

Hier entsteht natürlich die doppelte Frage: was ist die Ursache dieses Mißverhältnisses, und was ist seine Folge? In Bezug auf's erste haben wir nichts zu verzeichnen, was auf eine selbstthätige Vermehrung der farblosen Blutzellen hinweisen würde, denn man hat nie eine Vermehrung durch Theilung an ihnen gesehen. Alles deutet vielmehr darauf hin, daß vermehrte Zellthätigkeit in bestimmten Organen (Lymphdrüsen, Milz) es ist, die die enorme Zahl von weißen Blutzellen liefert, also daß es nicht das Blut selbst ist, in welchem die Veränderung entsteht, sondern daß es sich um eine vermehrte Absendung solcher Zellen aus bestimmten Gewebsprovinzen handelt, also um eine mitgetheilte Veränderung der Zusammensetzung.

Es ist selbstverständlich, daß eine solche Vermehrung der weißen Blutzellen nicht ohne Folgen für den Gesammtkörper sein kann, und

wir sehen auch solche Fälle in Begleitung von Krankheitserscheinun gen, die das Gesammtbild der Blutlosigkeit, der Bleichsucht oder des Wechselfiebers darbieten. Die Gründe für eine Gesammterkrankung liegen auch sehr nahe. Einmal haben die weißen Blutzellen andere Ernährungsbedürfnisse als die rothen, werden also eine andere Zusammensetzung der Blutflüssigkeit erzeugen; andererseits haben die rothen Blutzellen die specielle Verrichtung, den thätigen Zellen des Leibes den Sauerstoff zu bringen und an Zahlungsstatt die Kohlensäure in Empfang zu nehmen, die sie dann in der Lunge gegen neuen Sauerstoff an die Athmungsluft abgeben. Ihre Herabminderung wird also durch mangelhafte Zu- und Abfuhr, durch gestörten Handelsverkehr eine Herabminderung der Thätigkeit der einzelnen Zellen zur Folge haben.

Es würde zu weit führen, für alle sogenannten Blutentmischungen den Nachweis zu liefern, daß sie nicht erste Ursache der Krankheit, sondern Folge einer abnormen Zellthätigkeit sind. Ich will nur noch einige Blutentmischungen hier kurz erwähnen. Die eine ist die sogenannte faulige. Nach dem, was wir über die Fäulniß im Allgemeinen wissen, und was ich weiter unten mittheilen will, handelt es sich hier ohne Zweifel um das Eindringen fremder Organismen, der Vibrionen. Noch sehr gering aufgeklärt sind wir über die sogenannte Eitervergiftung des Blutes, die sich ein Theil der Mikroskopiker so vorstellt, daß wirkliche Eiterzellen in das Innere der Gefäßbahnen gelangen und durch ihren Lebensproceß umsetzend auf die Blutflüssigkeit einwirken. Diese Ansicht ist aber gewiß irrig, nur können wir keine anderen Ursachen für diese gefährliche Erkrankung angeben. Von den andern Veränderungen der Blutflüssigkeit, von welchen die Gelehrten sprechen, müssen wir hier Umgang nehmen, weil nur die in den Bereich mikroskopischer Forschung fallen, welche die normalen geformten Bestandtheile betreffen oder durch die Beimischung fremder geformter Körper hervorgerufen werden. Ich will nur noch beisetzen, daß eine Begleitserscheinung aller dieser Blutentmischungen das sogenannte Fieber ist. Wie soll man das auf

Grund unserer Auffassung des Thierkörpers erklären? Das veränderte Nahrungsmaterial reizt alle activen lebendigen Zellen des Körpers zu momentan erhöhter Thätigkeit. Es ist eine Art gelinder Aufruhr jedes einzelnen in seiner Nahrung bedrohten Individuums, eine Art Versuch, sich Hilfe zu schaffen, das Gezappel eines mit der Erstickung Bedrohten. Natürlich muß einer solchen Aufregung der Thätigkeit das Gegentheil folgen, eine Abspannung. Das ist zwar keine eigentliche Erklärung des Fiebers; mit der hat auch die Mikroskopie nichts zu thun, sondern nur eine Zurückführung der Erscheinungen auf die Lebensvorgänge des mikroskopischen Einzelwesens. Eine exacte Erklärung wäre nur die Auseinandersetzung all der verwickelten Stoffumsetzungen zwischen den einzelnen Zellen und dem krankhaft veränderten Blut, mit der aber nur Chemie und Physik sich erfolgreich beschäftigen kann.

Die gleiche Ursache, wie das Fieber, haben die bei solchen Blutentmischungen eintretenden Schmerzen, sie sind Folge gestörter Ernährung der Nervenzellen durch das mangelhaft beschaffene Blut.

Der Leser wird nun gerne wissen mögen, welche sichtbaren Veränderungen an den Zellen eines Körpers eintreten, der von krankhaftem Blute ernährt wird. Hierauf läßt sich nur Folgendes sagen: wenn die Abänderung der Blutbeschaffenheit eine unbeträchtliche ist, so wird zwar wohl die Verrichtung der Zellen geschädigt, aber ihre Leibesbeschaffenheit braucht dabei nicht Noth zu leiden. Wenn auch die Zelle nicht mehr genug Nahrung bekommt, um arbeiten zu können, so ist doch recht gut einzusehen, daß ihr wenigstens noch soviel zugeführt wird, um sich selbst zu erhalten und dann tritt auch keine wesentliche Veränderung in ihrem Körper ein, trotzdem daß ihre Functionsherabsetzung einen ganz erheblichen Ausfall in der Gesammtthätigkeit des Leibes erzeugt. Man kennt in dieser Richtung nur einen mikroskopischen Fund, nämlich die Anwesenheit zahlreicher Farbstoffzellen im Bindegewebe bei längerer Dauer des Wechselfiebers.

Ist dagegen die Blutentmischung so beträchtlich, daß die Selbsterhaltung der einzelnen Zellen gefährdet ist, so vergesse man ja nicht,

daß das alle Zellen des ganzen Körpers trifft und da lebt dann der Mensch nicht mehr lange genug, um seinen Zellen weitergehende Abänderungen der Leibesbeschaffenheit zu gestatten.

Dies führe ich nur an, um zu zeigen, warum bei einer Reihe von Krankheiten das Mikroskop gar keine weiteren Aufschlüsse mehr giebt. Die Zellen sind einfach in der Blüthe ihrer Thätigkeit erstickt oder vergiftet worden. Aus der ganzen Darstellung möge aber so viel hervorgehen, daß die Veränderungen der Blutbeschaffenheit, wenn sie auch wieder die Ursache für viele Krankheitserscheinungen sind, doch selbst wieder eine Folge örtlicher Störungen im Thun und Lassen der Mitglieder des Zellstaates sind — gerade so wie die Entwerthung der Circulationsmittel (des Papiergeldes) im Staatshaushalt seine örtlichen Ursachen in verkehrter Thätigkeit einzelner Staatsmitglieder hat.

XXVII.

Entzündung.

Den allgemeinen verzweifelten Zuständen eines Staatswesens, wenn die roulirenden Zahlungsmittel zu gering oder ungesund sind, stehen gegenüber die Erkrankungen einzelner Provinzen des Reichs, die freilich, wie wir im vorigen Abschnitt wahrscheinlich machten, nie verlaufen, ohne mit der Zeit das Staatsganze in Mitleidenschaft zu ziehen. Unter diesen steht obenan die Entzündung, einer der wenigen krankhaften Vorgänge, bei deren Erforschung das Mikroskop die unmittelbarsten Dienste geleistet hat. Es ist nämlich sehr leicht, das Auftreten einer örtlichen Entzündung unter dem Mikroskop mit anzusehen. Meistens hat man hierzu, wie ja überhaupt zu allen Martern, zu denen die Physiologie greifen mußte, den Frosch benutzt. Sowohl die Schwimmhaut seiner Hinterbeine als seine Zunge ist so

durchsichtig, daß man recht gut die Blutgefäße und die in ihnen kreisenden Blutkörperchen sehen kann (siehe Fig. 21). Ruft man durch mechanische Verletzung oder durch Aetzmittel eine örtliche Entzündung auf einer so unter dem Mikroskop ausgebreiteten Froschschwimmhaut oder Froschzunge hervor, so kann man genau die Ereignisse bei derselben verfolgen. Entweder tritt zuerst eine Verengerung der kleineren Blutgefäße, deren Betrag manche bis auf 1/6 des Durchmessers angeben, ein. Die Folge davon ist natürlich rascheres Strömen des Blutes durch die verengte Stelle, und diesem Zustand folgt bald der zweite, eine Erschlaffung und Ausdehnung des Gefäßes. In andern Fällen fehlt die Verengerung des Gefäßrohrs oder ist nur so augenblicklich, daß man sie übersehen kann. Die Erweiterung des Gefäßes aber ist eine regelmäßige Erscheinung und geht bis zur Hälfte des Durchmessers. Die Folge ist Verlangsamung des Blutstroms an dieser Stelle. Es zeigen sich jetzt ungleiche hackenförmige Ausbuchtungen an der Gefäßwand — ein Zeichen ihrer Erschlaffung, es ist, als ob sie unter dem andrängenden Blutstrom sich dehnen würde wie ein übermäßig aufgeblasener Kautschukball. Die Blutkörperchen, die früher rasch und gewandt sich schmiegend durch das Gefäßrohr dahin glitten, scheinen wie gehemmt, man sieht sie hin und her schwanken, sich im Kreise drehen. Da, wo die Stockung entstanden ist, häufen sich die Blutkörperchen immer mehr, weil die sie tragende Flüssigkeit immer noch Abfluß findet. Während sie selbst beim normalen Fließen sich in der Mitte des Gefäßrohrs halten und der Flüssigkeit es überlassen, an der Wandung des Rohrs zu gleiten, legen sie sich jetzt auch an diese dichter an und füllen, allmählig immer unbeweglicher werdend, das Gefäßrohr aus. Gleichzeitig tritt auch eine Aenderung in ihrer Beschaffenheit ein, sie werden dunkler gefärbt. Natürlich, denn ihre hellrothe Färbung erhalten sie bekanntlich durch den Sauerstoff, und dunkler werden sie in dem Maaße, als der Sauerstoff abnimmt und die Kohlensäure sich vermehrt. Während ihrer unfreiwilligen Ruhe geben sie den Sauerstoff an das benachbarte Gewebe ab und empfangen Kohlensäure dafür und doch

sind sie verhindert, in die Lunge zu wandern und dort ihre Kohlensäure gegen frischen Sauerstoff abzugeben. Es wirkt das natürlich auch ändernd auf ihre Körperbeschaffenheit ein, sie zeigen Neigung geldrollenförmig zusammen zu kleben, wodurch das Circulationshinderniß noch mehr wächst. An den meisten Stellen endet nun die Geschichte damit, daß das Gefäßrohr reißt und Blut in das benachbarte Gewebe austritt. Daß damit die Stockung nicht behoben, sondern im Gegentheil vermehrt ist, wird Jedem einleuchten und auch das schließliche Resultat liegt auf der Hand. Ein ganzer Bezirk von Blutgefäßen wird undurchgängig, wenigstens für die Blutkörper, die Kraft des Herzstoßes treibt aber fortwährend neues Blut heran, dessen Flüssigkeit durch die zerrissenen Gefäße in dem umliegenden Gewebe aufstaut und das geht so lange fort, bis das andrängende Blut auf andern Bahnen seinen Abfluß findet. Man hat nun lange Zeit die Ansicht gehegt, daß in Folge dieser Circulationshindernisse eine sogenannte Ausschwitzung zwischen die Gewebe erfolge, deren Gerinnung zunächst die Härte der entstandenen Geschwulst verursache und zugleich die Grundlage sei für alle weiteren Veränderungen. In neuerer Zeit überzeugt man sich jedoch immer mehr davon, daß man es bei der Entzündung zunächst nicht mit einer Ausschwitzung zwischen die Gewebe, sondern mit einer Vergrößerung der einzelnen Zellen zu thun hat. Später erscheint allerdings eine Abscheidung zwischen die einzelnen Zellen, allein diese ist nicht Folge einer unmittelbaren Ausschwitzung aus dem Blut, sondern es handelt sich hier um eine Absonderung der Zellen selbst, die sich nicht nur zwischen sie lagert, sondern gleichzeitig in die Blutbahn eintritt. Was das Blut dazu liefert, ist nur die wässerige Flüssigkeit, das Gerinnende ist Abscheidung der Zellen selbst.

Das war der Hauptgrund, warum man früher das Blut für die Krankheitsursache hielt, man fand bei entzündlichen Krankheiten die Menge des gerinnenden Faserstoffes im Blute vermehrt, und da die Ausschwitzungen in die Körperhöhlen mehr oder weniger dieselbe Gerinnungsfähigkeit zeigten wie das Blut, so sagte man, es handle

sich um eine einfache Ausschwitzung aus dem Blute, bei der die Zellen des Gewebes eine gänzlich nebensächliche Rolle spielen.

Nun fragt sich's: wie haben wir uns jetzt den ganzen Hergang bei der Entzündung zurecht zu legen? Die Ursache ist ein Reiz, der eine bestimmte Gruppe von Zellen trifft. Dabei können alle möglichen Einwirkungen eine Rolle spielen. Die häufigsten Reize sind Verwundungen, Quetschungen, Frost, Hitze, Aetzmittel; für zartere Organe, wie die Lunge, genügt schon der Reiz, den z. B. Trockenheit der Luft, ferner die Beimengung sichtbarer Bestandtheile ausübt, um eine Entzündung zu veranlassen.

Das Erste, was auf die Einwirkung des Reizes erfolgt, ist eine vermehrte Thätigkeit der Zellen selbst, die zunächst in einer Größenzunahme derselben sich äußert. So erklärt sich auch die oben erwähnte Beobachtung, daß im Beginn der Entzündung die Blutgefäße eine allerdings vorübergehende Verengerung erfahren: die vergrößerten Zellen der Gewebe beeinträchtigen die Lichtung der Gefäße. Der zweite Act ist vermehrte Absonderung der Zellen sowohl in die Blutbahn als in's Gewebe.

Ehe ich in der Schilderung des weiteren Verlaufs fortfahre, möchte ich zunächst anführen, daß kein Gewebe des Körpers, mit Ausnahme der vertrockneten Hornzellen, von der Entzündung verschont wird; selbst der Knorpel, der gar keinerlei Blutgefäße besitzt, ja dessen Zellen nicht einmal durch Ausläufer mit einander in Verbindung stehen, zeigt dieselbe Empfindlichkeit für Reize wie die anderen Gewebe. Man hat gesehen, wie in der Umgebung von künstlich durch den Knorpel gezogenen Zwirnfäden in gleicher Weise eine Vergrößerung und vermehrte Absonderung der Knorpelzellen stattfand, wie es in der Umgebung jedes in den Leib eingedrungenen fremden Körpers stattfindet.

Am leichtesten werden natürlich Gewebe befallen, die aus locker gefügten saftreichen Zellen bestehen und wo wenig mechanische Hindernisse für die Vergrößerung der Zellen vorhanden sind. Am günstigsten ist in dieser Beziehung das Bindegewebe gestellt, wie wir denn

überhaupt finden, daß dieses Gewebe in der Krankengeschichte des Körpers eine sehr hervorragende Rolle spielt. Es gilt dies nicht blos von dem weichen Bindegewebe, sondern ebenso von dem Knochen, der ja, wie wir gesehen haben, nichts anderes ist als verknöchertes Bindegewebe. Sehr zugänglich für die Entzündung sind ferner die Drüsengebilde des Körpers und die Schleimhäute.

Wie nimmt sich nun die Entzündung aus, wenn wir sie von dem von uns gewählten Standpunkt aus betrachten?

Sie ist ein aufgeregter Zustand des einzelnen Staatsmitglieds, veranlaßt durch eine Einwirkung, die es direct getroffen hat, und aus dieser erhöhten Geschäftigkeit erwachsen erst nachträglich dem Staatsganzen Gefahren, die einerseits durch Blutveränderung und Functionsuntüchtigkeit veranlaßt sind, andererseits von localen Störungen herrühren, die wir im nächsten Abschnitt besprechen wollen.

XXVIII.

Eiterung.

Wir haben die Geschichte der Entzündung verlassen in dem Stadium, wo auf Reiz vergrößerte Zellen durch vermehrte Absonderung nach allen Seiten hin ihre Thätigkeit fühlbar machen. Schreiten wir nun zur Betrachtung des weiteren Verlaufs.

Der entstandene Aufruhr kann sich wieder legen, die Zelle schwillt unter Abscheidung der zuviel aufgenommenen Stoffe in's Blut wieder ab und kehrt zurück zu geregelter Thätigkeit. Die Aerzte nennen dies die Zertheilung einer Entzündung. Im anderen Fall kommt es zur sogenannten Eiterung. Man hat lange über Natur, Herkommen, Aufgabe und Schicksal des Eiters hin und her disputirt, ehe man zu einem richtigen Verständniß dieses wichtigen Vorgangs

gelangt ist. Das Erste und Entscheidendste, was das Vergrößerungsglas feststellte, war die Aehnlichkeit des Eiters mit dem Blute. Man fand nämlich in ihm Zellen, die von den farblosen Blutzellen sich in gar nichts unterscheiden, außer vielleicht darin, daß der Kern der Eiterzelle eine größere Neigung zur Theilung besitzt, als der der Blutzelle. Wie weit die Aehnlichkeit geht, erhellt unter Anderem daraus, daß man an ihnen die gleichen amöbenartigen Bewegungen nachwies, wie man sie von farblosen Blutzellen längst kennt. Ich habe sie in Figur 289 abgebildet.

Diese Zusammensetzung verlangte vor Allem die Erklärung: woher kommen die Zellen des Eiters? Zu der Zeit, wo man noch an die elternlose Entstehung der Zellen überhaupt glaubte, ließ man einfach die Eiterkörper in der Weise, wie Schwann sich die Zellentstehung dachte, aus einer vom Blut gelieferten Masse herauskrystallisiren. Als man aber bei genauerer Untersuchung des Lebensgangs der Zellen von der Ansicht zurückkam, daß die Zellen so mir nichts dir nichts entstehen, sondern fand, daß sie immer die Abkömmlinge vorher bestehender Zellen seien, so erwuchs dem Mikroskop die Aufgabe, festzustellen: woher stammen die Zellen des Eiters? Dies ist denn auch jetzt über allen Zweifel festgestellt. Sie werden geliefert durch eine Wucherung der Zellen des Gewebes selbst.



Fig. 289.

Verfolgt man das Thun und Lassen einer durch Entzündung geschwellten Bindegewebszelle, so sieht man, daß der Kern derselben anfängt sich zu theilen (siehe Fig. 290 oben). Weiter unten erblickt man bereits die Theilung der Zellen, indem sich um jedes Kernstückchen eine Inhaltsportion legt. Die Zellen rücken unter Absonderung von Zellkitt immer weiter auseinander und schließlich, wenn der Zellkitt anstatt zu gerinnen, wie im normalen Bindegewebe, flüssig bleibt, dann wird die junge Brut der entzündeten Bindegewebszellen frei und sie stellt mit dem flüssigen Zellkitt das vor, was man den Eiter nennt.

Erklärt uns der so eben beschriebene Vorgang das Auftreten des Eiters im Innern der Gewebe, so müssen wir uns für die Absonderung eiterähnlicher Flüssigkeiten auf der Oberfläche der Gewebe nach andern Quellen umsehen. An der äußeren Haut tritt bekanntlich die Eiterung, wenn sie nicht Folge von mechanischen Verletzungen ist, so auf, daß der Eiter unter der verhornten Oberhaut, die dann als Blase in die Höhe gehoben wird, erscheint. Wir wissen nun, daß die tiefsten Lagen der Oberhautzellen (das sogenannte Malpighi'sche Schleimnetz) aus zarten Zellen bestehen, die auch unter ganz normalen Verhältnissen eine Vermehrung durch Theilung zeigen. Die jungen Zellen sind zum Ersatz der durch die Abschuppung verloren gehenden Hornzellen bestimmt. Schon ihre natürliche Beschaffenheit ist übereinstimmend mit der aller jungen Zellen, also auch mit der der Eiterzellen, und in der That liefert eine durch Reiz gesteigerte Vermehrung ihrer regelmäßigen Theilungen, unter Zuhilfenahme von Ausscheidung eines flüssigen Zellkitts, den sogenannten Pusteleiter, wie wir ihn bei so vielen Hautkrankheiten erblicken.

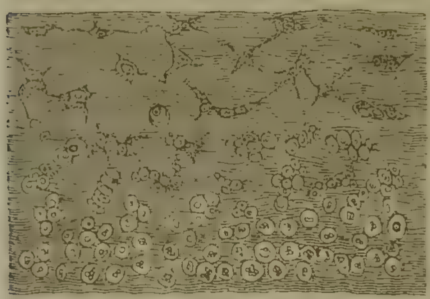


Fig. 290.

Setzen die beiden so eben erwähnten Eiterungsvorgänge bedeutendere Veränderungen in Zusammensetzung und Aneinanderlagerung der Gewebe voraus, indem sogenannte Eiterhöhlen sich bilden, so fehlt bei der sogenannten freien Eiterung, wie sie uns die Schleimhäute darbieten, dieser zerstörende Charakter. Bekanntlich sind hier sogenannte Epitelien, die sich von der Epidermis in folgenden Punkten wesentlich unterscheiden: besteht die Epidermis aus zahlreichen übereinander geschichteten Zellen, von denen nur die tiefsten noch in ungeschwächter Lebensthätigkeit sich befinden, so haben wir bei dem Epitel meist nur eine einzige Lage von Zellen, welche sich in der Vollkraft der Functionsfähigkeit befinden. Die bisherigen Untersuchungen haben es nun höchst wahrscheinlich gemacht, daß die geformten Bestandtheile,

welche die krankhaften Absonderungen der Schleimhäute enthalten, das Product einer Vermehrungsthätigkeit der Epitelzellen sind. Bei geringerer Reizung finden wir die sogenannten Schleimzellen, die sich durch einfachen Kern und körnigen Inhalt von den Eiterzellen unterscheiden. Ist die Reizung eine tiefer gehende, so treten an ihre Stelle wirkliche Eiterzellen. Beide sind zu betrachten als Abschnürungen der Epitelzellen, die wie in dem Falle, wo der Eiter aus Bindegewebszellen entsteht, durch eine Theilung des Kernes eingeleitet werden.

Gedenken wir nun noch mit einigen Worten der weiteren Schicksale des Eiters. Wo er auf freien Flächen sich bildet, wird er abgeschwemmt, die Zellen sammt Allem sind dem Untergang geweiht. Entsteht er im Innern der Gewebe, so ist zweierlei möglich: Entweder bricht er sich Bahn nach Außen dadurch, daß die benachbarten Zellen ebenfalls in den Proceß der Eiterbildung hereingezogen und so verflüssigt werden, oder die Reizung schwingt aus, es wird kein neuer Eiter mehr gebildet. Der schon abgesonderte verliert nun zunächst seinen flüssigen Zellkitt, indem er von den benachbarten Zellen aufgezehrt wird. Dann fangen die Eiterzellen, ihrer Nahrung beraubt, allmählig an zu schrumpfen, es tritt ein fettiger Zerfall ein und auch die so entstandene Masse wird bis auf wenige unlösliche Theile von den benachbarten Zellen aufgezehrt. Auch der Fall ist möglich, daß der eingedickte Eiter lange Zeit im Innern der Gewebe liegen bleibt.

Hat die Entzündung sich auf größere Bezirke ausgedehnt, so ist die Partie von Zellen, welche im Innern des Herdes liegt, insofern schlechter daran, als die Unterbrechung des Blutlaufs ihre Ernährung herabsetzt, sie können also nicht so rasch und ergiebig Eiterzellen erzeugen, wie die in der Peripherie. So erklärt es sich, warum man bei sogenannten unreifen Eiterherden in der Mitte einen festen Knopf findet, der erst später zu Eiter schmilzt. Zudem haben nicht alle Gewebe die gleiche Fähigkeit, sich in Eiterzellen aufzulösen: so leisten Gefäße, elastische Fasern, Sehnengewebe ꝛc. einen beträchtlichen Widerstand. Diese Gebilde findet man dann als fetziges Gewebe in dem Eiter.

Wir haben jetzt noch etwas über die Ereignisse nach erfolgtem Durchbruch des Eiters zu sagen. Unter ungünstigen Verhältnissen fährt das Gewebe, welches die Eiterhöhle begrenzte, fort Eiter zu erzeugen. Hier kann man sich dann leicht überzeugen, wie regelmäßig die Entstehung der Eiterzellen ist. Bedeckt man eine eiternde Wunde nach sorgfältiger Reinigung mit einem Glasplättchen, so zeigt dies, nach einiger Zeit abgenommen und unter das Mikroskop gebracht, eine einfache Lage polygonal sich begrenzender Eiterzellen.

Geht es der Heilung zu, so tritt das auf, was die Wundärzte Granulation nennen. Das ist nichts anderes als die beginnende Organisation des Eiters. Der Zellkitt, anstatt flüssig zu bleiben, gerinnt; die Eiterzellen wachsen zu sternförmigen Bindegewebskörperchen aus, die dann locker in dem geronnenen Zellkitt liegen. Das ganze Gewebe hat unter dem Mikroskop die größte Aehnlichkeit mit dem Knochenmarke. Bei weitergehender Organisation verdichtet sich der Zellkitt in Folge von Wasserabgabe theils an die umgebende Luft, theils an die rückwärts liegenden Blutgefäße und so entsteht jene derbe Narbensubstanz, die in die Klasse der Bindegewebe gehört.

Damit ist jedoch der Heilungsproceß noch nicht abgeschlossen, es fehlt noch die Bildung einer Grenzschicht. Hierbei handelt es sich wesentlich darum, unter welchen äußeren Verhältnissen die eiternde Fläche sich befindet. Unter dem Einfluß des freien Luftzutritts legen sich die neu entstehenden Zellen, anstatt als Eiterkörperchen davon zu schwimmen, fest, bilden mehrfache Lagen, von denen die oberste verhornt, während die untersten den ursprünglichen Charakter wahren. So nimmt die neue Grenzschicht ziemlich genau die Beschaffenheit der Oberhaut an: außen einige Lagen verhornter Zellen, hinter denen eine zweite Lage, das sogenannte Malpighi'sche Netz, sich findet. Kurz es entsteht eine neue Oberhaut vom gleichen Bau, wie ihn oben Figur 290 zeigte. Weil aber die neue Oberhaut doch etwas dünner ist als die alte, weil ihr ferner die Haarbälge, Schweiß- und Talgdrüsen fehlen und der darunter liegenden neu gebildeten Lederhaut die Papillen, so hat diese Stelle, die man die Narbe

nennt, ein vertieftes, geglättetes Ansehen, das sie nie wieder verliert.

Erfolgt die Bildung der Grenzschicht, ohne daß die Luft ihre vertrocknende, verhornende Wirkung auf die neugebildeten Zellen ausüben kann, so entsteht eine Art von neuem Epitel aus polygonal gegen einander abgegrenzten, mehr oder weniger abgeplatteten Zellen, kurz Zellen, wie wir sie auch im normalen Zustand zur Abgrenzung innerer Hohlräume finden. Durch sie schwitzt fortdauernd eine zähschleimige Flüssigkeit aus. Das ist der Vorgang, den die Aerzte Fistelbildung nennen.

Wenn ich der vorliegenden Schilderung des Eiterungsprocesses noch einige Worte über den Brand beifüge, so geschieht es nicht, als ob der Brand nur einer der Ausgänge eines Entzündungsprocesses sei. Er tritt immer ein, wenn ein größerer Körperabschnitt im Ganzen (also nicht blos an einem Punkte in seinem Innern) keinerlei Nahrung mehr zugeführt bekommt. Da die Entzündung immer eine Behinderung der Blutzufuhr zur Folge hat, so kann natürlich auch die Entzündung die Ursache zum Brandigwerden eines Gliedes abgeben, aber eben so auch Verstopfung der Gefäße durch Venensteine, Frost, Verbrennung, Hemmung des Kreislaufs durch Druck &c. Die mikroskopischen Vorgänge sind, wenn einmal der Theil abgestorben ist, einestheils genau wie bei der Eiterung. Die angrenzende gesunde Gewebspartie bringt in gleicher Weise eine Trennung des abgestorbenen Theils zu Stande unter Auftreten von Eiterung, allein zu einer Verflüssigung des brandigen Theiles durch die Lebensthätigkeit des Gesunden kann es nicht kommen. Er wird den Einflüssen überantwortet, deren Resultat wir mit dem Ausdruck Fäulniß oder Moderung bezeichnen.

Wer sich den Staatshaushalt des Menschenleibes, wie ich ihn im zweiten Abschnitt dieser Schrift geschildert, vergegenwärtigt, wird leicht einsehen, daß die Entzündung je nach dem Bezirk, den sie befällt, je nach der Ausdehnung, welche sie gewinnt, von den allerverschiedensten Folgen für den Gesammtkörper begleitet sein wird, und daß sich darüber kaum etwas Allgemeines sagen läßt. In der äußern

Haut kann eine Entzündung ohne alle Benachtheiligung des Leibes verlaufen. Weniger gleichgiltig ist sie schon dann, wenn sie in der Tiefe liegt, wegen der Schwierigkeit, die sich dem Aufbruch des Eiterherds entgegen stemmt. Im höchsten Grad gefährlich wird sie aber, wenn sie Werkzeuge befällt, von deren ungehinderter Thätigkeit das Wohl und Wehe des ganzen Staatswesens abhängt. Denn eine unausbleibliche Folge jeder Entzündung ist Verrichtungsunfähigkeit des betroffenen Theils.

Eine Reihe von Allgemeinerscheinungen bei Entzündungen rühren auch von einer Entmischung des Blutes her, sei es durch Stoffverlust bei großer Eiterung oder durch Auffaugung der bei der Entzündung aufgetretenen Ausschwitzungen.

Trifft die Entzündung absondernde Drüsen mit Hohlräumen durchsetzt, so ist eine fast regelmäßige Erscheinung der Austritt eines gerinnenden Stoffes in die Drüsenröhrchen und Bläschen, so bei der Lungenentzündung und Nierenentzündung. Bei der letzteren hat dieser Umstand zu einer häufigen Benutzung des Mikroskops durch den Arzt geführt. Die geronnenen Pfröpfe in den Harnröhrchen werden nämlich durch den hinter ihnen abgesonderten Harn herausgepreßt, und wenn der Arzt sie mit dem Mikroskop in dem entleerten Urin findet, so sind sie ihm ein sicherer Beweis, daß er es mit einer Nierenentzündung zu thun hat.

Ob nach vorausgegangenen Entzündungen in der Tiefe eitrige Zerstörungen fortdauern, kann der Arzt nur dann mit voller Sicherheit erkennen, wenn er in den Entleerungen mit Hilfe des Mikroskops Eiterzellen und Gewebsfetzen findet. Bei Zerstörungsprocessen in der Lunge ist es hauptsächlich die Anwesenheit der sogenannten elastischen Fasern im Auswurf, die als das sicherste Anzeichen betrachtet werden können.

Eigenthümliche Ausgänge hat die Entzündung, wenn sie freie Flächen befällt, also z. B. Schleimhaut der Luft- und Verdauungswege oder die häutigen Ueberzüge, welche die Eingeweide auskleiden und die Höhle, in der sie ruhen. Bekanntlich sondern alle diese

Flächen schon im normalen Zustand Flüssigkeiten ab. Die nächste Folge der Entzündung ist eine veränderte Beschaffenheit dieser Absonderungen, entweder nach Art oder Menge. In geschlossenen Höhlungen, wie es Brusthöhle, Herzbeutel, Bauchhöhle, Gehirnhöhle ꝛc. sind, ist eine sehr häufige Erscheinung eine einfache Vermehrung der abgesonderten Flüssigkeit, was die Aerzte mit dem Namen Wassersucht bezeichnen. Diarrhoe ist der gleiche Proceß auf der Darmschleimhaut und Schnupfen auf der Nasenschleimhaut.

Unterscheidet sich die von der entzündeten Fläche gelieferte Flüssigkeit dadurch, daß sie gerinnungsfähig ist, so kommt es in geschlossenen Säcken zu Verklebungen der sich berührenden Wandungen durch schwartige Häute. Im ungünstigsten Fall werden solche Ablagerungen von dem benachbarten Gewebe als fremder Körper behandelt und der Eiterungsproceß eingeleitet, im günstigsten Fall schmelzen sie und werden von den Gefäßen aufgesogen. Allein es ist noch ein dritter mikroskopisch interessanter Fall möglich. Es senken sich aus dem angrenzenden Gewebe Blutgefäßschlingen gleich Wurzeln in diese geronnene Masse ein, neugebildete Zellen lagern sich zunächst um die Gefäßschlingen, Nahrung beziehend theils aus dem Blut, theils aus der geronnenen Absonderung, die allmählig von ihnen verzehrt wird. Die Folge ist natürlich eine Dickezunahme der ursprünglich entzündeten Haut, die dann mit zottigen Erhabenheiten besetzt ist, oder wenn die zwei einander zugewendeten Seiten eines solchen Sackes gleichzeitig Wurzeln aussenden, so kommt es zu Verwachsungen der sich berührenden Wände.

Solche Gewebsneubildungen in Folge von Entzündungsprocessen sind außerordentlich häufig, man kann kaum die Section einer älteren Person vornehmen, ohne z. B. Verwachsungen zwischen Lunge und Brustwand zu finden. Weniger häufig sind Verwachsungen von Herz mit Herzbeutel oder der Baucheingeweide mit einander oder mit der Bauchwand. Das neugebildete Gewebe erweist sich unter dem Vergrößerungsglas als zusammengesetzt aus Blutgefäßen und Bindegewebe. Seltener findet man Verknöcherung des Bindegewebes, dies

nur dann, wenn die entzündete Haut wie in der Gehirnkapsel zugleich Beinhaut ist. Muskelzellen hat man noch keine in neugebildeten Geweben gefunden.

Das Vorstehende möge genügen, um dem Leser einen Ueberblick über die mikroskopischen Vorgänge bei denjenigen krankhaften Veränderungen zu geben, die die Aerzte unter der Bezeichnung Entzündung zusammenfassen. Vollständigkeit ist natürlich hier weder beabsichtigt noch möglich und noch weniger Eingehen in die mikroskopischen Details bei den Entzündungsvorgängen der einzelnen Organe. Stehen doch dem Wißbegierigen hierüber specielle Aufschreibungen zu Gebot, und für den, der nur allgemeines Verständniß anstrebt, dürfte das Vorstehende das Nöthige enthalten.

XXIX.

Tuberculose.

Mit den krankhaften Neubildungen betreten wir eines der dunkelsten Gebiete der Krankheitslehre, weniger insofern, als uns das Mikroskop mit größter Leichtigkeit die feinere Beschaffenheit der abnormen Gebilde enthüllt, als in Bezug auf die Ursachen. Hier war stets der Phantasie der größte Spielraum gelassen und es ist kaum abzusehen, ob sich dies in Bälde bessern wird. Konnten wir eine Reihe von Krankheiten auf ganz bestimmte Ursachen, Schmarotzerwesen, Einführung von Giften &c., zurückführen, bei anderen, wie bei Cholera &c., die Frage nach der Ursache so weit einengen, daß nur noch eine geringe Zahl von Möglichkeiten bleibt, lassen sich bei den Entzündungsvorgängen ebenfalls noch eine Reihe greifbarer äußerer Ursachen, sogenannte Reize (Temperaturschwankungen, mechanische Einwirkungen, Reizung durch Vertrocknung &c.) annehmen, so fehlt

uns für die Neubildungen jeder Anhaltspunkt zur Erklärung ihrer Entstehung. Vergeblich waren bis jetzt alle Versuche, einen Zusammenhang mit äußeren Ursachen nachzuweisen, nur der Umstand, daß man bei einigen (z. B. Tuberculose) erbliche Anlage nachweisen konnte, leitet uns darauf hin, daß die Ursachen in den Wechselbeziehungen der Zellen des Leibes unter einander zu suchen sind. Die folgenden Zeilen können deshalb auch nur eine Schilderung des Sachverhaltes sein, und wenn ich sie in eine entstehungsgeschichtliche Form kleide, so macht dies keinen Anspruch darauf, eine Erklärung zu sein.

Wir beginnen die Schilderung der hierher gehörigen Krankheiten mit der Tuberculose, weil sich das, was man bei ihr beobachtet, am nächsten anschließt an das, was das Mikroskop bei der Eiterung gefunden hat. Man könnte sie auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte ein Mittelding nennen zwischen Eiterung und Neubildung.

Daß wir dieser Krankheit einen eigenen Abschnitt widmen, erscheint einmal deshalb gerechtfertigt, weil sie, wie schon bemerkt, eine Lücke ausfüllt zwischen dem, was wir als Folge der Entzündung kennen gelernt haben, und den eigentlichen Neubildungen und dann wegen ihrer hohen Bedeutung in der Krankheitslehre überhaupt. Sie ist eine der häufigsten, lästigsten und gefährlichsten Krankheiten nicht nur des Menschengeschlechtes, sondern auch die Thierwelt liefert ihr eine Reihe von Opfern. Aber auch in anderer Beziehung spielt sie eine wichtige Rolle: Es ist eine Erkrankung, von der fast kein Gewebe und kein Organ verschont bleibt. Man hat längere Zeit behauptet, daß die Bauchspeicheldrüse nie tuberculös erkranke, aber abgesehen davon, daß ich selbst bei mehreren Affen Tuberkeln in dieser Drüse fand, war ich auch Augenzeuge, als einer meiner Lehrer der Leiche eines Menschen eine mit Tuberkeln besetzte Bauchspeicheldrüse entnahm. Am häufigsten erkrankt bekanntlich die Lunge tuberculös. Allein wenn die Krankheit auch dort meist ihren Anfang nimmt, so breitet sie sich doch in ihrem lang dauernden Verlauf in der Regel noch über mehrere andere Theile des Menschenkörpers aus. Ihr charakteristisches Merkmal ist die Anwesenheit der sogenannten Tuberkelknoten,

umschriebener Körper von dem Umfang eines Mohnsamens bis zu beinahe Hühnereigröße. Unter dem Vergrößerungsglas löst sich die Masse dieser Knoten in eine Reihe geformter Körperchen auf, die in Vielem an Zellen oder Stücke von Zellen erinnern. Bald sind es einfache Körnchen, bald zeigen sie mehr oder weniger concentrische Schichtung, wie sie Zellenkernen oder Zellen eigen ist; dann aber sind sie in der Regel mißgestaltet zu nennen, runzlig, verbogen, geschrumpft. Das Ansehen unter dem Mikroskop macht den Eindruck, als ob man es mit einem mißrathenen Versuch, neue Zellen hervorzubringen, zu thun hätte, also mit Zellen, die in ihrer Entstehung zu Grunde gingen. Daß nicht das Gegentheil stattfand, daß man es nicht mit einem Zerfall früher wohlgearteter Gewebe zu thun hat, erhellt daraus, daß man in den Tuberkelknoten keinerlei Reste schon gebildeter Gewebe findet. Wir müssen also einen Tuberkelknoten eine Neubildung nennen, die es aber im höchsten Fall bis zu einer verkrüppelten Zelle gebracht hat.

Was sagt uns nun das Mikroskop über die Entstehungsgeschichte dieser sonderbaren Ablagerung? Hier ist zunächst die Bemerkung vorauszuschicken, daß die Aerzte längst zweierlei Formen von Tuberkeln unterscheiden: den großen Tuberkelknoten und den kleinen sogenannten Miliaren-Tuberkel, der im frischen Zustand ein grauweißes Knötchen von Stecknadelkopfgröße ist. Eine genauere Untersuchung ergiebt, daß der große Tuberkelknoten nichts anderes ist als eine Anhäufung von vielen kleinen, die im Umfang des großen Knotens noch deutlich gesondert sind, während sie gegen die Mitte hin bereits zusammenfließen. —

Will man sich eine Vorstellung von dem Hergang bei der Bildung der kleinen Knötchen verschaffen, so muß man ein solches im ersten Stadium seines Auftretens auf dem Querschnitt betrachten. Man erhält dann ein Bild, wie es Figur 291 bei 300facher Vergrößerung zeigt. Das betreffende Knötchen ist aus dem Lungenfell genommen. Zum Verständniß dieser Abbildung sei bemerkt, daß das Gewebe, in dem der Knoten sitzt, Bindegewebe ist, wie denn

überhaupt diese Art der Zellvergesellschaftung bei der Tuberculose so gut, wie bei der Eiterung und den ächten Neubildungen die Hauptrolle zu spielen scheint. Betrachtet man die Abbildung, so sieht man am Rande noch die gewöhnlichen spindelförmigen Bindegewebszellen

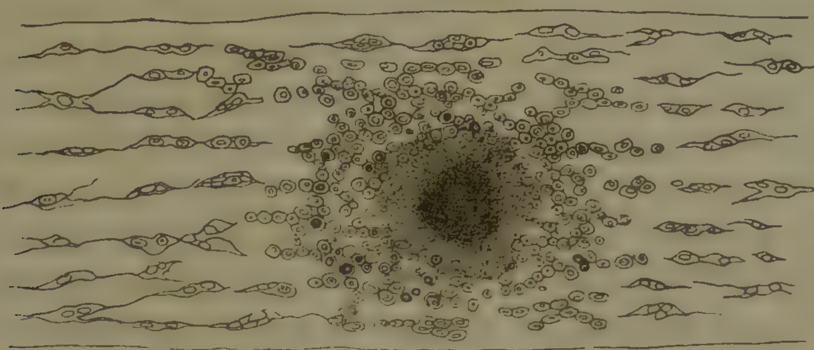


Fig. 291.

mit einfachem Kern. Weiter nach einwärts gegen den Tuberkelknoten stößt man auf Zellen mit mehrfachem Kern und unmittelbar am Rande findet man Reihen von kleinen Zellen so geordnet, daß man leicht erkennt, eine solche Reihe sei an die Stelle einer früheren Bindegewebszelle getreten. Der Knoten selbst zeigt im Innern die schon oben erwähnte feinkörnige, sonst formlose Masse und weiter nach außen besteht er aus denselben kleinen Zellen, wie sie in der Umgebung an die Stelle der Bindegewebszellen getreten sind.

Bei dieser Gelegenheit kann ich dem Leser zeigen, wie der Naturforscher überhaupt zu Werke geht, wenn er einen organischen Vorgang sich klar zu machen sucht: Ein solches „Nebeneinander", wie es die beschriebene Figur zeigt, löst er sich auf in ein „Nacheinander", und geht dabei, gestützt auf die Lehre von der concentrischen Schichtung, die ich dem Leser schon früher auseinandersetzte, von dem Grundsatz aus, daß das, was er im Centrum findet, das letzte Stadium des Vorgangs sei, während die Peripherie den Ausgangspunkt des ganzen Geschehnisses vorstellt. Er liest also von der angezogenen Figur folgende Entstehungsgeschichte des Tuberkelknotens ab.

Die Bindegewebszellen schwellen zuerst an, gerade so, wie wir es bei der Entzündung gefunden haben; dann beginnen die Kerne

derselben sich zu theilen. Die Umlagerung dieser Sprößlinge durch Inhaltmasse erzeugt eine Brut kleiner Zellen, welche die Stelle der Bindegewebszelle einnimmt, aus der sie entstanden sind. Der Zellkitt, der im normalen Zustand die Bindegewebskörperchen auseinanderhielt, verschwindet während dieser Brutbildung — wahrscheinlich wird er geschmolzen und von den Zellen verzehrt — die Nachkömmlinge werden so frei und lagern sich in einem Nest zusammen. Da es ihnen aber nach Aufzehrung des Zellkitts an genügender Nahrung fehlt, so gehen sie, während sich nach außen immer neue Zellen anlagern, zu Grunde, wobei sie in eine körnige Masse aufgelöst werden. Das ist die Entstehungsgeschichte des Tuberkels, die sich der Mikroskopiker aus Anschauungen, wie die der obigen Figur, entwirft.

Sofort springt ihre große Uebereinstimmung mit dem in die Augen, was uns der vorhergehende Abschnitt über die Bildung des Eiters sagte. Der einzige Unterschied ist der, daß die Tuberkelzellen viel kleiner sind als die Eiterzellen, und daß der flüssige Zellkitt fehlt; beides läßt sich auffassen als verursacht durch geringere Nahrungszufuhr. Mit dieser Uebereinstimmung in der Entstehungsgeschichte harmonirt auch das, was wir über die weiteren Schicksale des Tuberkels wissen. Kann er im einen Fall durch Aufnahme von Kalksalzen verkreiden — wie sich die Aerzte auszudrücken pflegen — so ist doch der häufigere Ausgang der der Vereiterung. Bei der außerordentlichen Aehnlichkeit der Eiterbildung und Tuberkelablagerung wird es geringfügiger Einwirkungen — sogenannter Reize — bedürfen, damit Eiter statt Tuberkelmasse entsteht: Nach dem Obigen bedarf es nur einer größeren Nahrungszufuhr.

Hier sehen wir deutlich, wie nahe normaler Entwicklungsgang und Krankheit aneinander grenzen und andererseits eine Krankheit an die andere. Vermehrung der Zellen durch Theilung ist ein ganz ordnungsmäßiges Ereigniß im Thierkörper, aber am unrechten Ort und zu unrechter Zeit entsteht daraus eine Krankheit, die den ganzen Körper gefährdet, und weiter: eine leichte Abänderung dieses Vorgangs entscheidet, ob Eiterung eintritt oder Tuberkelbildung.

Zum Schluß will ich nur noch einer geläufigen Anschauung des großen Publicums über diese Krankheit entgegentreten. Man beschuldigt vorübergehende äußere Einwirkungen, sogenannte Erkältungen, namentlich den kalten Trunk, Ursache der Tuberkelkrankheit zu sein. Dies ist vollkommen irrig. Nach Allem, was wir wissen, ist sie eine sogenannte constitutionelle Krankheit, wenn man so will, eine Ernährungsstörung des ganzen Körpers. Der Umstand, daß sie erblich ist (gewöhnlich von Großeltern zu den Enkeln), ist der sicherste Beweis, daß ihre Ursachen innerhalb des Körpers und nicht außerhalb desselben zu suchen sind. Jener allgemeine Glaube enthält nur insofern etwas Richtiges, als solche vorübergehende äußere Schädlichkeiten den Verlauf einer in ihren Keimen bereits vorhandenen Tuberculose beschleunigen, namentlich ihre Umwandlung in Eiterungsprocesse. So werden natürlich bei vorhandener Lungentuberculose alle Katarrhe machenden Schädlichkeiten äußerst nachtheilig einwirken.

XXX.

Krebskrankheit.

Neben der Tuberculose ist die Krebskrankheit eine der gefährlichsten Formen der Neubildungsprocesse, zwar weniger häufig vorkommend als die erstere, aber doch immer noch häufig genug, namentlich in gewissen Lebensaltern. Nach Wilkinson leidet von allen Weibern, welche gegen das 44. Jahr sterben, fast die Hälfte an Krebs, von Männern etwa $^1/_8$. Dagegen leidet unter den Männern, die über dem 65. Jahr sterben, $^1/_5$ an dieser Krankheit. Im Allgemeinen sterben etwas mehr als doppelt so viel Weiber an ihr als Männer. Ueber die Ursachen der Erkrankung wissen wir sehr wenig. Die Kranken geben in der Regel bei oberflächlich liegenden Krebsgeschwül-

sten irgend eine Verletzung an, namentlich bei den so häufigen Krebsen an der Lippe. Dies beruht aber auf einer Täuschung. Die Ursachen liegen tiefer in der Beschaffenheit des Körpers. Erbliche Anlage für die Erkrankung, wie wir sie bei der Tuberculose nachweisen konnten, wurde bei Krebs noch nicht beobachtet, wohl aber schreibt man gewissen Ursachen, die eine allgemeine Herabstimmung der Lebenserscheinungen zur Folge haben müssen, Trunksucht, ausschweifendes Leben, Gemüthsleiden, kümmerliche Ernährung überhaupt, einen wesentlicheren Einfluß auf die Entstehung der Krankheit zu. Gefährdend wirkt sie theils unmittelbar dadurch, daß der Krebs auftritt in lebenswichtigen Organen (Gehirn, Magen 2c.) sei es, daß er direct dort entsteht, sei es, daß er erst nachträglich in sie hineinwächst oder durch Druck sie hemmt. Mittelbar beeinträchtigt er das Leben durch den Stoff- und Säfteverlust, der namentlich dann bedeutend ist, wenn er in das Stadium des Zerfalles gelangt. Es kann mitunter allerdings sehr lange anstehen, bis er das Allgemeinbefinden angreift, und man hat Krebse schon zehn Jahre lang bestehen sehen, bis sie den Tod herbeiführten. In der Mehrzahl der Fälle ist der Verlauf ein rascherer. Lebert sah von 57 Krebskranken 33 im Verlauf des ersten Jahres sterben, 15 starben im zweiten Jahr, 5 im dritten, 3 im vierten und nur einer im zehnten Jahr. Die Zahl der Fälle, wo Heilung eintritt, ist eine sehr geringe und wenige Fälle ausgenommen auch nur dann, wenn die Krebsgeschwulst gänzlich ausgeschnitten werden konnte. In der Regel kehrt selbst nach einer solchen Operation der Krebs an anderer Stelle wieder.

Was hat nun das Mikroskop für Aufschlüsse über diese tödtliche Seuche gegeben? Sie sind gering oder bedeutend, wie man will. Das Resultat der mikroskopischen Untersuchung läuft im Allgemeinen darauf hinaus, daß eine Bildung neuer Zellen die Ursache der Krebsgeschwulst ist. Anfangs glaubte man, daß eine besondere Art von Zellen, sogenannte specifische Krebszellen, das Aftergebilde zusammensetzen. Das ist aber insofern nicht ganz richtig, als die beobachteten Zellen einmal die allergrößten Verschiedenheiten unter

sich zeigen (siehe Fig. 292). Man findet Farbstoffzellen, Zellen, die mit denen des Epitels die größte Aehnlichkeit haben, Zellen, die in der Ausbildung zu Fasern begriffen sind (sogenannte geschwänzte Zellen), auch spindelförmige Kerne, ferner zusammengesetzte Zellen, d. h. solche mit mehreren andern in ihrem Innern, also Mutter- und Tochterzellen, endlich Zellen von so unbestimmtem Charakter, daß man sie kurzweg Bildungszellen nannte. Die jüngeren derselben sind glashell mit dünner Haut und gleichartigem Inhalt, bei den älteren sind die Zellmembranen dicker, oft deutlich mehrfach geschichtet und ihr Inhalt körnig getrübt.

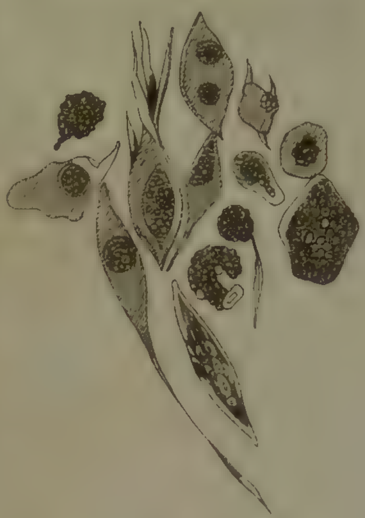


Fig. 292.

Es ist klar, daß man bei einer solchen Mannigfaltigkeit nicht von specifischen Krebszellen reden kann, das Kennzeichnende für den Krebs ist nur die Anwesenheit solch verschieden gestaltiger Zellen und zwar nesterweise an Orten, wo sonst nur normale Körperbestandtheile sich finden. Man hat deshalb auch den Krebs im Gegensatz zu den sogenannten gutartigen Geschwülsten, die aus den normalen Bestandtheilen des Körpers zusammengesetzt sind, Zellengeschwulst genannt.

Neben diesen eigenthümlichen Elementen findet sich noch eine Reihe normaler Gewebsbestandtheile, Bindegewebe, sehnige oder elastische Fasern, Blutgefäße, mitunter auch Knochen- und Knorpelgewebe. Diese letzteren bilden ein Gerüstwerk, in welchem die Krebszellen haufenweise eingestreut liegen (siehe Fig. 293). Die ganze Geschwulst ist ferner durchtränkt von einer dicklich trüben Flüssigkeit, in der Krebszellen schwimmen und die man Krebssaft nennt. Je nach dem Verhältniß, in dem die Gewebsbestandtheile des Krebses zu einander stehen, unterscheiden die Chirurgen mehrere Formen; als Markschwamm bezeichnet man die weich sich anfühlenden Krebsgeschwülste, bei denen die Zellen das Fasergerüste weitaus überwiegen. Wo da-

gegen dies letztere durch massenhaftere Entwicklung der Geschwulst ein derbes Gefüge verleiht, sprechen die Chirurgen von Faserkrebs oder Scirrhus. Giebt eine große Menge von Farbstoffzellen dem Krebs ein schwärzliches Aussehen, so wählt man die Bezeichnung Pigmentkrebs.

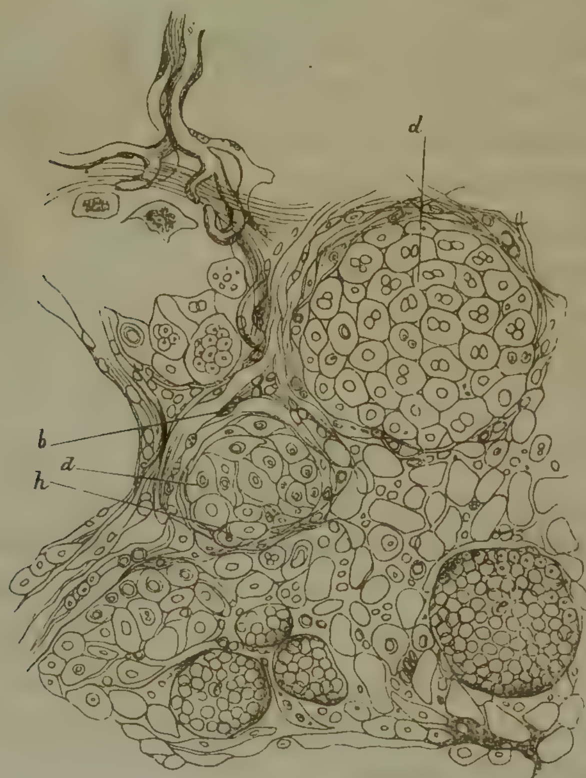


Fig. 293.

Die gefährlichste Form ist der Markschwamm, einmal weil er am raschesten wächst — natürlich, denn ein derbes Fasergerüste widersetzt sich der Zellvermehrung — und dann weil er am raschesten zerfällt. Das Schmelzen des Krebses ist nämlich das regelmäßige Ende einer jeden solchen Neubildung, wenn nicht ihre andern Einwirkungen schon früher den Tod des Kranken hervorrufen. Der Zerfall beginnt an der Oberfläche unter reichlicher, den Kranken erschöpfender Eiterabsonderung, während der Krebs gleichzeitig in die Tiefe wächst, alle Gewebe, denen er begegnet, zerstörend. Der Krebs kann ursprünglich oder durch Hineinwachsen in jedem Gewebe des Körpers auftreten:

im Knochen (wo er von der Markhöhle ausgeht), im Muskel, im Bindegewebe, im Gehirn, im Darmcanal, in den verschiedenen drüsigen Gebilden; unter den letztern befällt er am häufigsten die weibliche Brust und die Gebärmutter, also Werkzeuge, die auch im regelmäßigen Verlauf des Lebens periodischen Aenderungen ihrer Wachsthumsgesetze unterworfen sind.

Dies giebt uns zugleich einen Anhaltspunkt für die Auffassung der Krebskrankheit. Wir dürfen sie als eine Abweichung des regelmäßigen Verlaufs der Gewebsbildung bezeichnen. Es treten Zellen auf, die sich einmal nicht in den regelmäßigen Bauplan des betreffenden Organs fügen, und die außerdem wenig Neigung und Fähigkeit besitzen, den regelmäßigen Entwicklungsgang zu Muskel-, Bindegewebs-, Blut-, Nervenzellen ꝛc. durchzumachen, oder wenn sie auch es schließlich dahin bringen — denn man findet in dem Krebs Uebergangsformen zu normalen Gewebselementen — so verharren sie doch zu lange in einem unentschiedenen Jugendzustand, während dessen sie die Fähigkeit besitzen, sich durch Theilung zu vermehren, und zugleich äußerst wenig Widerstandskraft gegen Einflüsse, die ihre Existenz gefährden.

Wollen wir dies mit einem Bilde bezeichnen, so können wir es eine örtliche Revolution in dem Zellstaat nennen, die faule, auf Kosten der Gesammtheit vegetirende Existenzen erzeugt unter Lösung aller gesellschaftlichen Bande, von denen das Staatsganze beherrscht wird. Ja in gewissem Sinn könnte man die Krebszellen Schmarotzerexistenzen nennen und vielleicht das Auftreten weiterer Krebsgeschwülste in andern Provinzen des Körpers der Einwanderung solcher außergesetzlicher Existenzen zuschreiben, die sich dort häuslich niederlassen und gleich nichtsnutzige Junge erzeugen. Man will wenigstens schon durch künstliche Einimpfung von Krebszellen Krebsgeschwülste hervorgerufen haben. Immerhin darf man aber bei dieser Auffassung nicht an Schmarotzerwesen denken, die einen andern Ursprung hätten, als den aus normalen Gewebsbestandtheilen des Körpers.

Wir kennen noch zwei Krankheiten bei Thieren — abgesehen

davon, daß der ächte Krebs von mir namentlich bei Vögeln wiederholt beobachtet worden ist — welche mit dem Krebs eine gewisse Aehnlichkeit besitzen, nämlich den Rotz der Pferde und die Seidenraupenkrankheit. Bei der ersteren findet man in den Rotzgeschwüren eigenthümliche graue Körperchen, welche keinem der bekannten Gewebselemente des Thierkörpers entsprechen, auch von den Eiterzellen sich wesentlich unterscheiden. Da wir noch keinen Anhaltspunkt dafür haben, daß es selbstständige Organismen sind, so müssen wir für sie den gleichen Ursprung annehmen, wie für die Eiter-, Krebs- und Tuberkelkörper und sie für entartete Abkömmlinge der normalen Gewebselemente halten. Nur das eine spricht für einen größern Grad von Selbstständigkeit, daß sie auf andere Individuen gebracht mit äußerster Leichtigkeit die gleiche Erkrankung erzeugen und nicht allein beim Pferd, sondern auch beim Menschen. Ohne Zweifel dürfte dabei eine Wucherung dieser Körperchen oder, bestimmter gesagt, eine Erzeugung von Nachkommenschaft durch das übertragene Individuum in's Spiel kommen. Zu bemerken ist übrigens, daß die Möglichkeit, es handle sich hier wirklich um ein selbstständiges Schmarotzerwesen, noch keineswegs ausgeschlossen ist.

Die zweite Thierkrankheit, die ich meine, ist die bekannte Erkrankung der Seidenraupe, die sogenannte Muscardine. Noch bis vor verhältnißmäßig kurzer Zeit hat man sie allgemein für die Folge eines Schmarotzerpilzes erklärt, denn Thatsache ist es, daß sich im Fettkörper der Puppe eigenthümliche an Pilzsporen erinnernde Körper finden, die sich durch Theilung vermehren. Neuere Untersuchungen haben den berühmten Mikroskopiker Pasteur, dem wir so viele merkwürdige Aufschlüsse aus den Gebieten der unsichtbaren Welt verdanken, zu dem Ausspruch veranlaßt, daß man es mit keinem Schmarotzerwesen, sondern mit einer Erkrankung zu thun habe, die an Krebs und Tuberculose erinnere. Mit der letzteren stimmt die Muscardine insofern, als sie notorisch von den Eltern auf die Kinder sich forterbt, mit dem Krebs insofern, als die specifischen Körperchen eine krebsähnliche Wucherung zeigen. Gegen die Pilznatur spricht

sich Pasteur deshalb aus, weil seine Beobachtungen gegen Ansteckungsfähigkeit sprechen, die ja ein so hervorragendes Merkmal aller Schmarotzerwesen ist. Doch erklärt Pasteur selbst, daß er noch kein endgiltiges Urtheil fällen wolle.

Während die mikroskopische Zerlegung der Krebsgeschwülste und der Tuberkelknoten uns wohl mit der Natur dieser Erkrankungen bekannt machte, uns aber keinerlei Anhaltspunkt für ihre Verhütung und Bekämpfung gab, hat das Mikroskop für die Muscardine wichtigere Erfolge aufzuweisen. Wenn sich die Pasteur'sche Ansicht bestätigt, so handelte es sich nur um die Auswahl gesunder Schmetterlinge zur Nachzucht. Man müßte jedes Pärchen seine Eier einzeln ablegen lassen und nur diejenigen verwenden, bei deren Eltern man die charakteristischen Körperchen nicht findet. Manche Züchter behaupten sogar, daß man es unter dem Mikroskop dem Ei ansehe, ob es eine kranke Raupe liefern werde oder nicht. Thatsache ist, daß man bei Befolgung dieser Vorsichtsmaßregel sehr günstige Resultate erzielt hat. —

XXXI.

Die Geschwülste.

Aus dem Kreis derjenigen Krankheiten, welche für die mikroskopische Erforschung zugänglich sind, möchte ich zunächst noch eine Reihe solcher namhaft machen, bei welchen es sich entweder um die Neubildung normaler Gewebsbestandtheile oder um ihre Vermehrung handelt. Eine ziemliche Menge solcher krankhafter Bildungen hat die Haut aufzuweisen. Wir begegnen da der Verödung der Haarbälge durch Vertrocknen und Rückbildung der ernährenden Haarpapille als einer Ursache der Kahlheit neben den schon früher erwähnten

Zerstörungen der Haare durch Pilzvegetation. Verschließung der Talgdrüsen führt zur Bildung der sogenannten Balggeschwülste oder Grützbälge, weil die Zelllage, die sie auskleidet, in ihrer Production von Hauttalg fortfährt und so die Drüse durch die angesammelte Absonderung in immer weiterem Betrage ausgedehnt wird. Der Inhalt einer solchen Balggeschwulst sind dann Epitelialzellen in allen Stadien des Zerfalls.

Vermehrte Production von Epidermiszellen erzeugt die Kleienkrankheit, wenn die vertrockneten Zellchen fort und fort abfallen; bleiben sie aber durch zäheren Zellkitt gefesselt, als immer dicker werdender horniger Ueberzug auf der Haut liegen, so entsteht die sogenannte Fischschuppenkrankheit, wobei der Körper so rauhrindig wird, wie ein alter Baum. Ist die Erzeugung von Epidermiszellen auf eine kleine Stelle beschränkt, so entstehen sogenannte Hauthörner, von denen man welche bis zu drei Zoll lang werden sah. Sie sitzen fatalerweise gerne am Kopf.

Wucherungen der Lederhaut mit vermehrter Oberhautbildung sind die Warzen und Hühneraugen. Auftreten von Farbstoffkörnern in den Zellen der tiefsten Oberhautschicht macht die Sommersprossen, Wucherung der Lederhautpapillen mit Pigmentbildung und ohne auffallende Entwicklung von Epidermis die bekannten braunen Muttermale oder Linsen. Bei diesen nehmen häufig auch die Haarbälge an der Vergrößerung Theil und solche Muttermale sind dann entweder mit einzelnen langen Borsten besetzt, oder mit einem dichten Haaranflug. Der Volksaberglaube nennt sie dann Mäuse, namentlich wenn sie größer sind.

Jene so sehr entstellenden blaurothen Muttermale, die oft die ganze Gesichtshälfte einnehmen, beruhen auf einer ungewöhnlichen Erweiterung der mikroskopisch kleinen Blutgefäßchen in der Lederhaut. Der Chirurg nennt sie Teleangiektasien, zu deutsch Gefäßenderweiterungen. Erheben sich die Wucherungen der Blutgefäße in der Lederhaut unter gleichzeitiger Erweiterung auf einer umschriebenen Stelle in die Höhe, so entstehen die sogenannten Blutschwämme,

welche sich meist regelmäßig bei jedem Pulsschlag heben und senken. Wucherungen der tiefsten mit zahlreichen Fettzellen durchsetzten Schicht der Lederhaut bilden, wenn sie örtlich sind, oft die umfänglichsten sogenannten Fettgeschwülste. Die mikroskopische Untersuchung weist bei ihnen die gewöhnlichen Fettzellen nach, eingebettet in ein Gerüste von Bindegewebe mit Blutgefäßen durchzogen. Man hat schon solche Geschwülste gefunden, die bis zu 60 Pfund wogen. Wenn sie umschrieben sind, so stülpen sie meist einen Hautsack vor sich her und sind dann durch Operation leicht zu entfernen. Aber in einem Fall, den ich selbst mit ansah, verbreitete sich eine solche Fettgeschwulst bei einer Frau flach unter der Haut des Kreuzes und bohrte sich mit einer Menge Ausläufern in die Lenden- und Gesäßmuskeln ein, so daß durch die Ausschneidung eine ungeheure Wundfläche entstand, deren Heilung die Patientin nicht überlebte. Wenn das bindegewebige Fasergerüste an Masse dem Fett entsprechend mitwuchert, so entsteht das, was der Arzt die Faserfettgeschwulst nennt. Besteht endlich die Geschwulst vorzugsweise aus Bindegewebsfasern und elastischen Fasern, so nennen sie die Aerzte Faser- oder Fleischgeschwülste. Sie gehören zu den häufigsten Aftergebilden des menschlichen Leibes auf Schleimhäuten, in der äußern Haut, an der Beinhaut, kurz überall da, wo im normalen Zustand bereits Bindegewebe vorkommt. Sie erinnern insofern manchmal an die Krebse, als man auch bei ihnen nicht selten ähnliche unentwickelte Bildungszellen und geschwänzte Zellen findet. Es können sich Höhlungen in ihnen bilden mit Epitel ausgekleidet und Flüssigkeit gefüllt, dann nennt man sie Balgfasergeschwulst. Ueberwiegt die Höhlenbildung, so bezeichnet man sie mit dem Wort Balggeschwulst.

Unter die Kategorie dieser Fasergeschwülste gehören die meisten der sogenannten Polypen, Kehlkopf-, Rachen-, Nasenpolypen 2c.

Auch der Knochen kann einer solch örtlichen Wucherung unterworfen sein, durch die vermehrte Thätigkeit seiner Beinhaut kann er sich stellenweise verdicken, Zacken und Spitzen von oft beträchtlicher Ausdehnung an sich hervortreiben; sie bestehen zwar im Allgemeinen

aus denselben Elementen wie der gesunde Knochen, aber die Knochenzellen zeigen eine regellosere Anordnung, sind bald enger bald weiter, bald dichter bald lockerer gelagert. Auch sogenannte Knorpelgeschwülste kennt man; sie sitzen entweder im Innern eines Röhrenknochens (am häufigsten an Hand und Fuß, wo man sie dann Winddorn nennt). Bei platten Knochen, wie Becken, Schädel und Rippen, sitzen sie auf der Außenfläche. Ihrer mikroskopischen Zusammensetzung nach gleichen sie am meisten dem Faserknorpel.

Bestehen nun auch alle diese Neubildungen aus denselben Zellelementen, die wir im gesunden Gewebe kennen, so ist doch auch manches, was sie für jeden geübten Mikroskopiker als Neubildungen erkennbar macht. Einmal zeigen die Zellen noch sehr häufig, auch wenn sie den Charakter des regelmäßigen Gewebes an sich tragen, eine Annäherung an die Form der unentschiedenen Bildungszelle. Die Fasern haben häufiger noch bauchige Anschwellungen mit Kernen, die Bindegewebszellen eine geringere Zahl von Ausläufern, und zeigen eine mehr rundliche Form, kurz, da und dort finden sich Anklänge an jugendliche Zellformen, ein Beweis, daß man es mit einem jungen noch wenig gefestigten Gewebe zu thun hat.

Auch darin unterscheiden sich die Neubildungen von den gesammten Geweben, daß, wie schon oben bemerkt, die regelmäßige concentrische Schichtung des Leibes an ihnen gestört erscheint. In der Mehrzahl der Fälle zeigen nämlich solche Geschwülste einen gekammerten Bau, ein derberes Balkengerüste, in dem nesterweise vertheilt neugebildete Gewebsmasse aufgespeichert ist. Dies weist darauf hin, daß einzelne versprengt liegende Zellen die Ausgangspunkte für die Neubildung abgegeben haben. Irgend welche, für uns noch nicht greifbare Ursache hat diese einzelnen Zellen gewissermaßen der Botmäßigkeit der allgemeinen Organisationsverhältnisse entrissen, zu vermehrter Thätigkeit gereizt, deren nächster Erfolg eine ähnliche Brutbildung ist, wie wir sie schon bei der Eiterung und Tuberkelbildung gesehen haben. Wie weit diese Brut es in der Organisation bringt, hängt jedenfalls so gut von den allgemeinen wie den örtlichen Er-

nährungsverhältnissen ab, ohne daß wir jedoch bis jetzt wüßten, welcher Art sie sind.

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß ein Theil dieser krankhaften Neubildungen den sogenannten Charakter der Bösartigkeit besitzt. Die Aerzte verstehen darunter die Neigung nach ihrer Entfernung durch Messer oder Aetzmittel am gleichen oder an anderm Orte wieder aufzutreten, überhaupt sich gleich einem wandelnden Schmarotzer in dem Leib, den sie befallen haben, durch Vervielfältigung zu behaupten, allmählig eine tiefer gehende Ernährungsstörung und schließlich den Tod herbeizuführen. Andere Geschwülste dagegen werden von dem Kranken ohne ernstere Beeinträchtigung seines Lebens getragen, selbst wenn sie an mehreren Orten aufgetreten sind.

Seit jeher waren die Aerzte bemüht, Kennzeichen zu finden, welche die Vorhersage gestatten, ob eine Geschwulst gut- oder bösartig verlaufen werde. Natürlich, wenn man einen Kranken mit einer Geschwulst vor sich hat, der schon alle Zeichen herabgekommenen Ernährungszustandes an sich trägt, so liegt die Bösartigkeit derselben auch ohne weitere Untersuchung zu Tage. Das sind aber die Fälle, wo ärztliche Hilfe überhaupt keine Aussicht auf Erfolg mehr hat. Von höchster Wichtigkeit ist es aber, wenn ein ungestörtes Allgemeinbefinden die Hoffnung auf erfolgreiche Behandlung wach ruft. Da ist für das einzuschlagende Heilverfahren die obige Entscheidung von hoher Wichtigkeit. Leider hat sich bis jetzt weder für die Untersuchung mit bloßem Auge, noch für die mit dem Vergrößerungsglas ein untrügliches Kennzeichen herausgestellt. Im Allgemeinen kann man nur sagen, daß eine Geschwulst dann der Bösartigkeit verdächtig ist, wenn ihr Gewebe größere Mengen von Bildungszellen enthält. Es ist dies ein Anzeichen, daß der ungeregelte Bildungstrieb, der die Geschwulst veranlaßte, noch in voller Blüthe steht und auf Kosten der Ernährung der übrigen Bestandtheile des Körpers fortdauern wird.

Allein da es fast keine Geschwulst giebt, in welcher solche junge Bildungszellen absolut fehlen, so wird der Arzt selbst mit dem Vergrößerungsglas auf Fälle stoßen, wo ihm die Vorhersage zweifelhaft

bleiben muß. So unangenehm dies der Heilkunde sein muß, so giebt es uns andererseits einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung des Thierkörpers überhaupt. So wenig als es im Staatshaushalte geborene Bösewichte giebt, vielmehr alle Menschen von Haus aus gleiche moralische Anlage haben, so sind auch die Zellen des Körpers, wie sie einerseits sämmtlich Nachkommen der einen Eizelle sind, von ursprünglich gleicher Anlage. Erst mangelhafte Erziehung im Staatshaushalt macht den Menschen zum Uebelthäter und so wird im Zellstaat die Zelle, die keine Erziehung, keine Heranbildung zu einem bestimmten Gewebsbestandtheil genießt, sondern auf der primitiven Stufe der sogenannten Bildungszelle verharrt, durch das Ungeregelte ihrer Thätigkeit eine Gefahr für den Körper. Es besteht selbst für das bewaffnete Auge kein Unterschied zwischen der Bildungszelle einer bösartigen Geschwulst und denjenigen, die im Lauf der Entwicklung zu normalem Gewebe sich gestalten. So weit wir bis jetzt in der Erforschung der Krankheiten vorgeschritten sind, finden wir überall diese Processe nur darin begründet, daß der normale Lebenslauf der Zelle eine Richtung einschlägt, die dem Interesse des Staatshaushalts zuwiderläuft. Nirgends aber sind wir bis jetzt auf die sogenannten verdorbenen Säfte, auf die sogenannten Krankheitsstoffe gestoßen, mit welchen die Phantasie den Körper des Kranken bevölkerte.

XXXII.

Die Leidensgeschichte der Zelle.

Im strengen Sinn können wir die Neubildungen, Eiter- und Tuberkelerzeugung, von denen ich dem Leser einen kurzen Ueberblick gegeben, nicht Erkrankungen der Zelle nennen, sondern Erkrankungen des Staatshaushaltes, politische Erkrankungen, bei denen sich möglicher-

weise in umfangreichen Zellprovinzen die einzelnen Staatsmitglieder nur zu wohl befinden. In einer Art von anarchischem Zustand wickelt sich ihr Lebenslauf nur allzu rasch ab. Die Zellen erzeugen Junge, wo sie keine mehr erzeugen sollen, und die junge Brut, anstatt nach Sitte und Recht zum wohlgearteten Staatsbürger zu werden, thut, als ginge sie der ganze Staatshaushalt nichts an, wird da zu einer Krebszelle, Tuberkelzelle, wo sie als Bindegewebskörperchen ihren Nachbarn die Hände reichen soll, gleich der Biene im Schwarm, um gemeinschaftliche Arbeit zu vollbringen, kurz, sie wickelt einen an und für sich fröhlichen Lebenslauf ab, der nur den einen Fehler besitzt, daß er nicht zum ganzen Staatshaushalt paßt. Mag er an und für sich normal genannt werden, so ist er doch im Vergleich zum Ganzen eine Krankheit, oder im gelindesten Fall eine Unnoth.

Dem gegenüber steht die eigentliche Leidensgeschichte der Zelle, der Fall, wo der Staatsbürger krankt und stirbt. Der Leser glaube übrigens nicht, daß das nicht ebenso auf normale Vorgänge im Thierkörper sich zurückführen lasse, wie es uns bezüglich der Neubildungen gelungen ist, und gerade diese Erkenntniß scheint mir der wichtigste Gewinn mikroskopischer Forschung für die Lehre von der Krankheit zu sein. Man nehme wiederum den Staat: es ist ein Naturgesetz und ein regelmäßiger Vorgang, daß Menschen sterben, so gut als welche geboren werden, und das verträgt sich vollkommen mit der Gesundheit des Staatsganzen. Wenn aber Seuchen über das Menschengeschlecht kommen, wenn die Sterblichkeit eine Höhe annimmt, welche die Steuerkraft der Bevölkerung beeinträchtigt, seine Gewerbs- und Handelsthätigkeit lähmt, wenn die Arbeitskräfte fehlen, wenn schließlich, wie bei den Pestkrankheiten des Mittelalters, beim schwarzen Tod alle gesellschaftliche Ordnung sich aufhebt, wenn die Leichen der Unbegrabenen durch ihre Fäulniß alle Wohnstätten vergiften, dann beginnt die Leidensgeschichte des Staatsbürgers zur Leidensgeschichte des Staatswesens zu werden.

Dann bedenke man noch eins, was ein Hauptunterschied ist

zwischen dem Staate und dem Menschenleib: im ersteren haben wir es zu thun mit Individuen aller Altersstufen, während der Menschenleib zusammengesetzt ist aus Zellen, die in gewissem Sinn zu sprechen gleich alt sind. Man verstehe dies richtig; der einzige bis jetzt bekannte Weg, auf dem eine Zelle entsteht, ist ja der, daß eine schon vorhandene Zelle durch Theilung zu zwei neuen wird, die dann natürlich gleich alte Geschwister sind, ohne daß gleichzeitig neben ihnen noch eine ältere Mutterzelle besteht. Die erste Zelle, von der die Gründung des Zellstaats ausgeht, ist die Eizelle und alle, die wir nachher finden, sind durch fortgesetzte Theilungen aus der einen Mutterzelle allmählig hervorgegangen, müssen auch somit gleich alt sein.

Was folgt daraus für die Sterblichkeitsverhältnisse? Das, was wir auch im Menschenstaat bei den Krankheiten sehen, daß nämlich gewisse Seuchen vorzugsweise gewisse Altersstufen decimiren, während sie andere verschonen, erklärt uns jetzt die große Sterblichkeit der Zellen im Menschenleib, wenn einmal eine Zellenseuche auftritt. Weil sie alle gleich alt sind, so giebt es hier keine so großen Ausnahmen in der Empfänglichkeit für die Krankheitsursache, wie im Menschenstaat.

Es liegt noch ein anderer Grund vor, der uns das massenhafte gleichzeitige Hinsterben der Zellen im Thierkörper erklärt und zwar noch wirksamer, als das obige Verhältniß: alle Staatsmitglieder essen aus einer Schüssel, sie trinken ihre Nahrung aus dem Blute, das durch das Pumpwerk, das Herz, fortwährend wieder umgerührt wird, bis es überall die gleiche Beschaffenheit hat. Damit ist es noch nicht genug: Auch sämmtliche Auswurfsstoffe der einzelnen Zellen gelangen nicht nur in einen gemeinschaftlichen Behälter, sondern der ist auch wieder die gleiche Suppenschüssel, aus der alle essen, denn sie mischen sich dem Blute bei. Jetzt denke der Leser an die so vielfach bekannten Fälle, wo fast sämmtliche Bewohner eines Hauses von der gleichen Seuche befallen werden, weil sie z. B. den gleichen Abtritt benutzen (dies ist der Fall bei Cholera und Ruhr), oder weil sie aus dem gleichen Brunnen trinken (solche Fälle sind beim Typhus

beobachtet worden und bei der Cholera), wie die Bemannung eines Schiffes öfters fast ganz dahinstirbt, weil dies in seinem Kielraum das Gift des gelben Fiebers führt, so wird er begreifen, warum im Menschenleib nicht blos eine weit größere Sterblichkeit der Zellen einreißen kann, als dies bei den größten Menschenzusammenhäufungen im Krieg stattfindet, sondern daß selbst sämmtliche Zellen des Körpers sterben, was beim Menschenstaate wohl nie der Fall ist.

Nach diesen statistischen Betrachtungen der Zellsterblichkeit begeben wir uns jetzt an das Krankenbett der einzelnen Zelle und betrachten mit dem Mikroskop in der Hand, wie sie leidet und stirbt. Bis jetzt konnte man, wenn wir absehen von der Eiterbildung, die ja auch, wie wir oben gezeigt haben, streng genommen, nicht hierher gehört, nur drei Krankengeschichten der Zelle aufstellen. Ich will sie der Reihe nach beschreiben.

Die eine, die in ihren Vorgängen am besten bekannt ist, ist die sogenannte fettige Entartung. Weit entfernt, nur bei Vorgängen aufzutreten, die wir im gemeinen Leben Krankheiten zu nennen pflegen, ist auch sie ein regelmäßiger Vorgang in verschiedenen Zellprovinzen unseres Körpers und zwar mitunter ein solcher, der für uns den Werth wichtiger Lebensverrichtungen besitzt. Das schönste Beispiel für die Fettentartung der Zellen ist nämlich die Bildung der Muttermilch. Von weniger wichtigen Verrichtungen gehört hierher die Bildung des Hauttalgs in den oben Seite 341 beschriebenen Talgdrüsen, des Ohrenschmalzes ꝛc. Dem Laien mag diese Zusammenstellung auf den ersten Blick etwas sonderbar erscheinen, seine Verwunderung wird aber sofort schwinden, wenn ich ihm sage, daß anatomisch die weibliche Brustdrüse nichts anderes ist, als ein Knäuel kolossal entwickelter Talgdrüsen. Verfolgen wir die Bildung der Milch, wie sie in der letzten Periode der Schwangerschaft eintritt, so sehen wir, wie in den Epitelzellen, welche die innere Oberfläche der Drüsenröhrchen auskleiden, zunächst das Gegentheil einer Krankheit eintritt: eine Vergrößerung, Theilung der Zellen, somit Neuproduction. Diese neuentstandenen Zellen sind es, die wahrscheinlich

in Folge irgend einer Ernährungsbeeinträchtigung uns das Bild der Fettentartung vorführen. Waren sie vorher blaß gefärbte Zellen mit zarten Körnchen in einer klaren Grundsubstanz, so nimmt jetzt die Zahl dieser Körnchen zu auf Kosten des sie umgebenden Zellstoffes. Die Zelle wird dadurch trüb und der vorher klare Kern verhüllt und verdeckt. Die so abgeänderten Epitelzellen findet man in großer Menge in der Flüssigkeit, welche man in dem letzten Monat der Schwangerschaft aus der Brustwarze hervorpressen kann und die man Colostrum nennt. Figur 294a stellt das Colostrum einer Frau unter dem Vergrößerungsglase vor, die großen körnigen Kugeln (b) sind die beschriebenen fettig entarteten Epitelzellen, die sogenannten Colostrumkugeln (d eine mit Essigsäure aufgehellt).

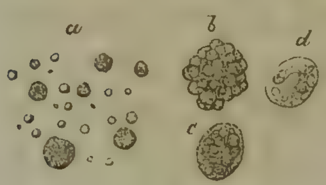


Fig. 294.

Die Substanz der Körnchen ist es, die eine chemische Umwandlung in Fett erfährt und zwar vergrößern sie sich dabei. Doch bleibt ihnen immer noch eine zarte Rinde aus einem eiweißartigen Stoffe. Hat die Zelle diese Entwicklungsstufe erreicht, so schmilzt die das Ganze zusammenhaltende Zellhaut, die Körnchen zerstreuen sich, wobei zugleich die ganze Masse wässerige Feuchtigkeit dem Blut entzieht, und jetzt liegt die Flüssigkeit vor uns, durchsetzt mit einer enormen Zahl von kleinen in Eiweißhäute eingeschlossenen Fettkügelchen: die Milch ist fertig (siehe Fig. 294a).

Ist hier die Fettentartung der Zelle im Zellstaat ein Mittel, Leben zu schaffen, so wird sie verderblich, sobald sie Zellterritorien befällt, die zu anders-artiger Thätigkeit bestimmt sind. Wenn die Epitelzellen, welche die oben in Figur 216 abgebildeten Harncanälchen unserer Niere auskleiden, fettig zerfallen, wie die Epitelzellen der weiblichen Brustdrüse — wenn also so zu sagen das Harncanälchen Milch producirt, so haben wir eine jener gefährlichen Nierenkrankheiten vor uns, die die Aerzte unter dem Namen Bright'sche Krankheit zusammengefaßt haben, deren Folge eine Zurückhaltung des Wassers im Körper, also sogenannte allgemeine Wassersucht ist und die durch

die weitere Zurückhaltung des Harnstoffs im Blute zur Vergiftung des ganzen Körpers führen kann.

Verwandeln sich die Bindegewebszellen und Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks durch fettige Entartung gewissermaßen in Milch, so entsteht jene schreckliche Gehirn- und Rückenmarkserweichung, welche ihr Opfer der Lähmung oder dem Blödsinn und schließlich dem Tod überantwortet.

Wird die Muskelsubstanz, so wie es nebenan Figur 295 im **Bilde dargestellt ist, von fettiger Entartung betroffen — wobei die Muskelzelle anstatt der charakteristischen Querstreifung des gesunden Zustandes Reihen von Fettkörnchen in ihrem Innern zeigt, also in eine milchartige Substanz umgewandelt wird, die**

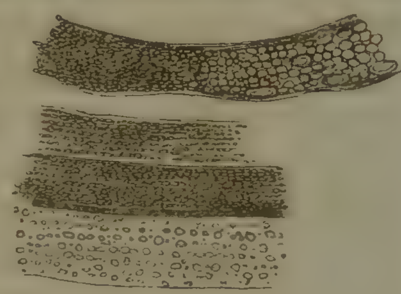


Fig. 295.

die benachbarten Bindegewebszellen fressen und davon führen — so verschwindet Muskelfaden um Muskelfaden, nachdem er zuvor außer Function gesetzt wurde. Der ganze Muskel magert somit ab, ausgedehnte Lähmungen treten im ganzen Körper auf und schließlich geht der Mensch zu Grunde, weil keiner seiner Muskeln mehr das arbeiten kann, was zur Erhaltung des Ganzen nothwendig ist. Befällt eine solche fettige Entartung die Bindegewebszellen in der Wand der Schlagadern, so werden diese verdickt, brüchig; die fettig umgewandelte Masse, in der sich schließlich sogenanntes Gallenfett bildet (siehe Fig. 296a), kann sich durch Aufbruch in das Gefäß entleeren und dem Blut beimischen, kurz, überall da, wo die Zellen an Fettsucht zu Grunde gehen, verschwindet zunächst

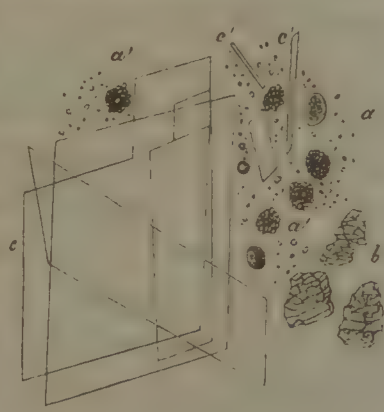


Fig. 296.

ihre Arbeitskraft, dann verschwinden sie selbst, eine Lücke im ganzen Getriebe zurücklassend und zudem kann die milchige Masse an

Orte gelangen, wo ihre Anwesenheit andere Zellterritorien beeinträchtigt. —

Nach dem, was wir bis jetzt über das Vorkommen der Fettentartung wissen, sind äußerst wenige Zellprovinzen (z. B. der Knorpel) sicher vor dieser Todesart, und eine Reihe der verschiedensten Krankheiten lassen sich auf sie als Ursache zurückführen.

Endet die fettige Entartung der Zellen, wie wir sie eben beschrieben, mit dem Tode derselben, so haben wir an der jetzt zu beschreibenden Veränderung eine Zellkrankheit, welche die Zelle zwar nicht in ihrem Bestande gefährdet, sondern nur in ihrer Verrichtung. Da die Kenntniß von ihr ziemlich jungen Datums ist, so konnte bis jetzt ihre Bedeutung für den Organismus noch nicht im vollen Umfang festgestellt werden. Wohl aber sind wir ziemlich in der Lage, die Vorgänge derselben zu begreifen, d. h. auf einen normalen Vorgang des Zellenlebens zurückzuführen.

Im Jahre 1853 fand man zum Erstenmal in der bindegewebsartigen Masse, welche die Nervenfäden und Nervenzellen von Gehirn und Rückenmark umlagert, in größerer Anzahl concentrisch geschichtete Körper. Zur großen Ueberraschung der Anatomen zeigten diese Körper bei der Behandlung mit Jod eine so große Aehnlichkeit mit den bekannten Stärkemehlkörnern der Pflanzen, daß manche Forscher heutzutage nicht mehr daran zweifeln, daß es wirkliches Stärkemehl sei. Sie färben sich nämlich bei Zusatz von Jod blaßbläulich oder graublau und wenn man hinterher Schwefelsäure zusetzt, so werden sie rein blau. Diese Entdeckung machte deshalb so großes Aufsehen, weil man bis zu dieser Stunde die Ansicht festhielt, das Stärkemehl und der ihm ähnliche Holzfaserstoff (Cellulose) seien Substanzen von ausschließlich pflanzlicher Natur. Denn darauf, daß man schon früher in dem ledrigen Mantel der Seescheiden (einer Weichthierfamilie) ebenfalls wirkliche Stärkemehlkörner fand, hatte man wenig Rücksicht genommen. Die Nachsuchungen nach diesem Stoff in andern Geweben des Menschenleibes führten zu der Entdeckung, daß die von den Aerzten unter dem Ausdruck *speckige Entartung* geschilderte

Erkrankung mancher Drüsen nicht in der Umwandlung des Zell-
inhalts in eine fettartige Masse bestehe, sondern daß sie bedingt sei
durch eine Umwandlung der Gewebe in eine stärkemehl- oder holz-
faserähnliche Substanz. Eine unserer ersten ärztlichen Autoritäten,
Virchow, gab dieser Zellerkrankung deshalb den Namen amyloide
Entartung (Amylum ist das griechische Wort für Stärkemehl).

Zunächst fand man in der zum männlichen Geschlechtsapparat
gehörigen Vorsteherdrüse ähnliche geschichtete Körper wie im Gehirn.
Bei der Behandlung dieser mit Jod sieht man sie sehr häufig eine
eben solche blaue Farbe annehmen wie die Pflanzenstärke. Je nach-
dem die Substanz reiner oder unreiner ist, wird allerdings die Farben-
erscheinung geändert. Wenn nämlich viel Eiweißstoff beigemengt ist,
so ist die Farbe blaugrün. Denn dieser wird durch Jod gelb, die
Stärke blau, es muß also grün als Mischfarbe erscheinen.

Bei der speckigen Entartung, wo nicht, wie in den beiden obigen
Fällen, wirklich neue geformte, wesentlich aus Stärkemehl bestehende
Körper auftreten, sondern wo die Zellen selbst in ihrer ganzen Aus-
dehnung von dem stärkemehlartigen Stoff durchdrungen erscheinen, sind
die Farbenerscheinungen wieder etwas anders. Bei Einwirkung von
Jod allein entsteht ein eigenthümliches Gelbroth, manchmal schon mit
einem Stich in's Violette; setzt man aber recht vorsichtig Schwefel-
säure hinzu, dann werden die Zellen wirklich blau oder violett.

Vergleicht man diese Erscheinung mit dem, was man an den
zwei zunächst verwandten Stoffen, dem Stärkemehl und der Holzfaser,
wahrnehmen kann, so ergiebt sich Folgendes: Stärkemehl wird schon
bei einfachem Jodzusatz blau, Holzfaser bleibt mit Jod allein behan-
delt farblos und das Blau erscheint erst bei Zugabe von Schwefel-
säure. Die fragliche Substanz im Menschenleibe zeigt bei Jodein-
wirkung bereits eine leichte Farbenerscheinung, die vollkommen erst
durch Schwefelsäure zu Stande gebracht wird. Dies berechtigt uns
zu der Annahme, daß der betreffende Stoff der Holzfaser näher ver-
wandt ist als dem Stärkemehl, und was folgt daraus für unsere
Auffassung dieser Zellerkrankung? Es ist im buchstäblichen Sinne

des Wortes eine Verholzung; also können wir sagen: die thierische Zelle ändert sich um in eine Art von Pflanzenzelle, nur mit dem Unterschied: während die Pflanzenzelle sich nur eine Kapsel aus Holzfaser baut oder geformte Stärkemehlkörner in ihrem Innern ablagert, wird die Thierzelle ganz von einem holzähnlichen Stoff durchdrungen.

Dies ist eine Thatsache, die nicht nur vom ärztlichen Standpunkt aus interessant ist, sondern die uns zugleich einen neuen Beweis abgiebt für den innigen Zusammenhang, in dem alles Zellleben mit einander steht. Im Verlauf unserer Schilderungen hatte ich wiederholt Gelegenheit dem Leser zu zeigen, wie der Fortgang unserer mikroskopischen Forschungen, anstatt die Kluft zwischen Thier- und Pflanzenreich zu erweitern, sie immer mehr verwischt. Wir können kecklich den Ausspruch thun: die strenge Scheidung der organischen Welt in diese zwei Reiche sei eine Folge der oberflächlichen Betrachtungsweise unserer Vorfahren.

Doch kehren wir zurück zu der Schilderung der hier Platz greifenden Veränderungen.

Die kleinsten Schlagadern sind am häufigsten der Sitz derselben, ja sie scheinen zu allererst dieser sogenannten Verholzung anheim zu fallen und erst von ihnen aus würde dann dieser Proceß auf die umliegenden Zellterritorien fortschreiten. Es ist auch leicht, sich mit dem Mikroskop davon zu überzeugen, welche Theile der Gefäßwand verholzen. Man belehrt sich darüber, daß es die spindelförmigen Muskelzellen sind. Sie werden in compacte Gebilde von gleichartigem Ansehen verwandelt, an welchen man Anfangs noch die Lage des Kerns an einer Lücke erkennt. Nach und nach aber verschwindet jede Spur von zelliger Structur, so daß zuletzt ein spindelförmiges Körperchen übrig bleibt, an welchem man weder Membran noch Kern noch Inhalt unterscheiden kann. Erstreckt sich die Verholzung auch auf die übrigen Bestandtheile der Zellwand, so verwandelt sich die Schlagader in eine zuletzt fast vollkommen gleichmäßige, compacte, bei auffallendem Licht glänzende, farblose Masse. Die umstehende

Figur 297 zeigt uns den Zustand, wo noch die verholzten spindelförmigen Muskelzellen (da man sie auf dem Querschnitt sieht, erscheinen sie rund) erkennbar sind. Die Veränderung hat in diesem Fall blos die kleine Arterie, nicht aber ihren Stamm ergriffen.

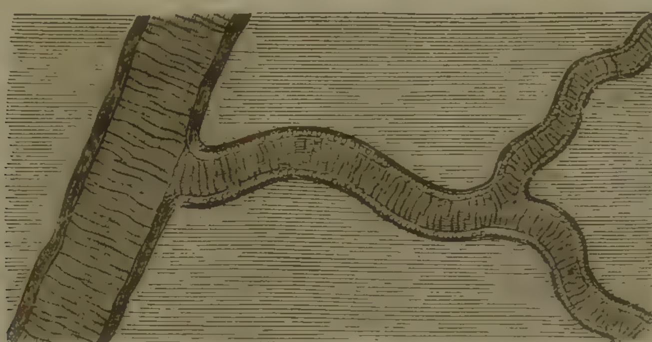


Fig. 297.

Die Schlagader ist also jetzt so zu sagen in ein zartes hölzernes Röhrchen verwandelt. Der Leser denke sich nur die ungemeine Zartheit einer solchen Schlagader (die obige Figur zeigt sie bei 300facher Vergrößerung), so wird er sich die Gebrechlichkeit derselben nicht groß genug vorstellen können. Liegt darin schon eine große Gefahr für den Kranken, so wird die Beeinträchtigung seiner Lebensfähigkeit dadurch noch größer, daß die Verholzung von den Gefäßen aus auf die angrenzenden Zellgebiete fortschreitet. Die Kranken gerathen in einen äußerst hinfälligen Zustand verbunden mit Abmagerung und sehr häufig gesellen sich die Erscheinungen der Wassersucht hinzu. Das letztere ist namentlich dann der Fall, wenn die Verholzung in der Niere Platz greift. Weiter erkranken auch sehr häufig die Lymphdrüsen, die Milz, die Leber, die Gefäße des Darms von oben bis unten, ja man hat kein Gewebe im Menschenleib gefunden, das nicht der Verholzung anheimfallen könnte. Vergegenwärtigt man sich, daß die Gefäßwand es ist, durch welche hindurch der Stoffwechsel der Zellen mit dem ernährenden Blute stattfinden muß, so kann man sich leicht vorstellen, wie schwer gefährdet der Körper durch diese Zellerkrankung ist.

Wenn auch chemisch wesentlich verschieden, so ist die dritte Form

der Zellerkrankung, die Verkalkung derselben, ein wesentlich ähnlicher Vorgang. Anstatt daß die Substanz der Zelle durch Holzfaser ersetzt wird, nimmt sie Kalkerde unter gleichzeitiger Verdrängung des lebendigen Zellstoffs auf und verliert natürlich durch diesen Proceß nicht nur ihr eigentliches Leben, wird zu einer todten Scholle, sondern erlangt auch eine ähnliche Brüchigkeit, wie es bei der Verholzung der Fall ist. Diese Krankheit befällt vorzugsweise ebenfalls die Schlagadern, doch mehr die größeren derselben und ist eine äußerst häufige Erscheinung im vorgerückteren Alter, muß aber wesentlich unterschieden werden von der sogenannten Knochenneubildung, deren wir weiter unten gedenken werden. Zu bemerken ist bei dieser Zellerkrankung nur, daß sie für das Wohl und Wehe des Gesammtkörpers von geringerer Bedeutung ist.

Diese drei so eben beschriebenen Veränderungen des organischen Bausteins sind bis jetzt die einzigen nachgewiesenen Erkrankungsarten, denn über den Werth der außergewöhnlichen Pigmentanhäufung in den Zellen, wie man sie z. B. beim Wechselfieber beobachtet hat, ist man sich noch nicht vollständig klar geworden. Allein es lassen sich ja nicht alle Erkrankungen des Gesammtkörpers auf eine Erkrankung der Zelle selbst zurück führen. Haben wir im Früheren schon gesehen, wie eine leichte Aenderung des Vermehrungsprocesses der Zellen tief einschneidende Krankheiten erzeugt, so werden wir im nächsten Abschnitte finden, daß auch die normalen Lebenserscheinungen dann den Menschen erkranken machen können, wenn sie nicht den richtigen Schritt einhalten.

XXXIII.
Knochenerweichung.

Bis jetzt lernten wir folgende Vorgänge des Zelllebens als Grundlage von Erkrankungen des Gesammtkörpers kennen: Gesteigertes Wachsthum mit Vermehrung durch Theilung, wobei die junge Brut entweder zu einer Geschwulst sich organisiren kann, oder Eiter vorstellt, oder endlich auf einer noch niederern Bildungsstufe als sogenannter Tuberkel im Gewebe liegen bleibt. Für's Zweite betrachteten wir die Rückbildungsprocesse der Zelle selbst, ihren Tod durch fettige Entartung, ihre Verwandlung in eine leblose Scholle durch Verholzung und Verkalkung. Es kann aber auch eine ganz regelmäßige Abwicklung des Zellenlebenslaufs zu Erkrankungen des Gesammtkörpers führen. Ein solcher Fall ist der Schwund des Knochengewebes, wie er im Alter so gern eintritt. Mitunter erreicht die Schwächung des Knochens einen so hohen Grad, daß die Leute auf ebenem Boden im Zimmer, ja oft selbst im Bett durch die Zusammenziehung ihrer eigenen Muskeln die Knochen brechen.

Um diese Krankheit zu verstehen, ist es nothwendig, die Lebensgeschichte des Knochens überhaupt zu kennen. Beim Kind im Mutterleibe finden wir da, wo später der Knochen erscheinen soll, einen Knorpel mit eingekapselten Zellen, wie er schon früher in Figur 14 abgebildet wurde. Das Gewebe, das den Knorpel einhüllt, ist Bindesubstanz von gewöhnlicher, schon öfter beschriebener Zusammensetzung.

Bei dem Wachsthum des Knochens haben wir nun zweierlei zu verzeichnen: die Verknöcherung und die Wiederauflösung. Im Knorpel, wie in dem Bindegewebe, das ihn umgiebt, lagert sich die Kalkerde nicht in die Zellen selbst, sondern in den Zellkitt, der sie umgiebt. Die ersteren werden von ihrer Anwesenheit wenig alterirt. Zuerst beginnt die Ablagerung der Kalkerde im Knorpel, all-

mählig aber schreitet sie weiter auf das angrenzende Bindegewebe. Wir haben somit in einer gewissen Zeit zweierlei Hartgebilde im Menschenleib, ja an den meisten einzelnen Knochen: innen verkalkten Knorpel, außen verkalktes Bindegewebe.

Nach Verfluß einiger Zeit beginnt im Innern des verkalkten Knorpels die Lebensthätigkeit der eingekapselten Zellen auf's Neue. Sie fangen an sich zu vermehren, den verkalkten Zellkitt, der sie einschließt, allmählig aufzulösen, und sind sie auf diese Weise frei geworden, so wachsen sie zu vielzackigen Bindegewebszellen aus, die sich netzförmig verbinden und eine äußerst zarte, weiche Masse von Zellkitt zwischen sich festhalten. Dieses neu entstandene Gewebe, welches den alten verkalkten Knorpel verdrängt hat, nennen wir das Knochenmark. Seine Bildung beginnt im Centrum des Knochens, und wir heißen den Hohlraum, den es erfüllt, die Markhöhle.

Während so im Innern der Knorpel in Mark verwandelt wird, schreitet in dem Bindegewebe, welches den Knorpel umgiebt, der sogenannten Beinhaut, die Verknöcherung von innen nach außen stetig fort, so daß der Knochen immer an Dicke zunimmt. Ist der alte Knorpel endlich ganz in Mark verwandelt, so kommt die Reihe an die älteste Schicht verknöcherten Bindegewebes. Auch in ihr schmilzt der verhärtete Zellkitt, die Knochenzellen werden frei und schließen sich in ihrer Organisation dem Marke an. Die Lebensgeschichte eines Knochens besteht also kurz darin: außen entstehen durch Verknöcherung der Beinhaut immer neue Schichten von Knochensubstanz, innen schmilzt der Knochen fortwährend, wobei seine Zellen das Knochenmark aufbauen.

Was ist nun leichter möglich, als daß das gleichmäßige Tempo dieser hintereinander herschreitenden Processe eine Störung erfährt, daß die Schmelzung des alten Knochens zu Mark rascher vor sich geht, als die Anlage neuer Knochensubstanz auf der Außenfläche: Die natürliche Folge ist eine Verdünnung des Knochenrohrs und Erweiterung der Markhöhle.

So lange diese Verdünnung mäßige Grenzen einhält, verträgt

sie sich vollkommen mit allgemeinem Wohlsein, je weiter sie aber fortschreitet, um so mehr setzt sie ihren Träger der Gefahr aus, seine Knochen zu brechen. Es kann also ein an und für sich vollkommen regelmäßiger Vorgang, wie die Umwandlung des Knochens in Mark, die Ursache einer eingreifenden Störung des Wohlbefindens werden.

Obschon wir eigentlich von der Eiterung bereits ausführlicher gesprochen haben, so will ich doch nicht unterlassen, an die Schilderung der Knochenerweichung die der Knochenvereiterung, auch Caries oder Knochenfraß genannt, anzuknüpfen, da diese Krankheit uns erst begreiflich wird im Zusammenhang mit dem, was ich über die Bildung des Knochenmarks sagte. Schon damals als ich schilderte, wie die Eiterabsonderung allmählig übergeht in die Bildung der sogenannten Granulation, hob ich die große Uebereinstimmung der Structur zwischen Granulation und Knochenmark hervor. Es wird also wenig dazu gehören, um bei der oben beschriebenen Umwandlung des Knochens, die das ganze Leben hindurch vor sich geht, statt Knochenmark Eiter auftreten zu sehen. Sobald der von den frei gewordenen Knochenzellen gebildete Zellkitt flüssig bleibt und die durch die Theilung der Knochenzellen neu gebildeten Markzellen auf der Jugendstufe sogenannter Bildungszellen verharren, so ist das Product der Umwandlung nicht Mark, sondern Eiter. Untersucht man einen cariösen Knochen, so findet man, daß beide Vorgänge neben einander statthaben: neben der Eiterbildung vermehrtes Wachsthum von Knochenmark. So sehen wir hier, wie eine unbedeutende Aenderung im natürlichen Lebenslauf eines Gewebes eine der gefährlichsten Krankheiten zur Folge haben kann; denn der Beinfraß endet fast immer durch Säfteverlust mit dem Tode, wenn es nicht gelingt, den erkrankten Knochen aus dem Körper gewaltsam zu entfernen.

Mit dieser Darstellung schließen wir unsere Mittheilungen über die Erkrankungen. Daß sie nicht vollständig sind, wird keinen meiner Leser überraschen, denn dazu bietet diese Schrift keinen Raum. Hervorgehoben und auf ihre für das bloße Auge unsichtbaren Vor-

gänge zurückgeführt habe ich einerseits die wichtigsten und dem habe ich noch so viel beigefügt, um ein allgemeines Verständniß dessen zu Wege zu bringen, was eine Krankheit ist.

— — —

XXXIV.

Der Arzt und das Mikroskop.

Wie nimmt sich nach dem, was ich dem Leser über die Arbeit des Mikroskops auf dem Gebiete der Krankheitslehre berichtet habe, der Vorwurf aus, daß die mikroskopische Forschung hier wenig Früchte aufzuweisen habe? Der Gewinn ist offenbar der, daß eine Anzahl veralteter Vorstellungen, auf welche gestützt die Aerzte eine Reihe von Heilverfahren einschlugen, hinfällig geworden ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß Alles das, was die Medicin in dem Wahne unternahm, es handle sich um die Beseitigung sogenannter Krankheitsstoffe, wenige Fälle ausgenommen nicht nur zwecklos, sondern sogar wirklich schädlich wirkte. Man ist durch die Entdeckungen des Mikroskops immer mehr zu der Ueberzeugung gelangt, daß es sich bei den meisten Krankheiten um örtliche Störungen des Zellenlebens handelt und so hat die Bekämpfung der Krankheit mit den Heilapparaten einerseits eine bestimmtere Richtung angenommen und andererseits die allgemeinere Behandlung hat ein entgegengesetztes Streben erhalten. Suchte man früher durch Aderlässe, abführende, schweiß- und harntreibende Mittel die sogenannten Krankheitsstoffe zu entfernen, so schlägt man jetzt den andern Weg ein, dem Körper möglichst reichliche Nahrung in leicht verdaulicher Form beizubringen, und wendet das absonderungsbefördernde Heilverfahren nur in den ganz bestimmten Fällen an, wo wirklich ein Absonderungsstoff entweder im Blute oder sonst wo in den Geweben nachweisbar stecken geblieben

ist. Dahin gehört unter Anderem die Durchdringung der Gewebe mit Gallenfarbstoff bei der Gelbsucht, die Anwesenheit von Harnstoff im Blut nach Cholera, das Vorhandensein von harnsauren Salzen in den Geweben bei der Gicht &c. und endlich wenn es sich um die Entfernung von fremden Giften handelt, die in den Körper eingedrungen sind, z. B. Quecksilber, Kupfer &c.

Ferner hat die örtliche Behandlung auch insofern eine bestimmtere Richtung eingeschlagen, als man zur Erkenntniß gelangt ist, man habe es dort mit selbstthätigen Zellen zu thun, die ihre Lebensverrichtung nur dann auf das alte Maaß zurückführen, wenn es gelingt, die normalen Lebensbedingungen für sie herzustellen. Natürlich bei Zellen, die in der Tiefe des Körpers unzugänglich für directe Einwirkung ruhen, ist man auch jetzt noch mehr oder weniger rathlos und die ganze Behandlung des Arztes muß sich nur auf die Verhütung der nachtheiligen Folgen beschränken, die die örtliche Krankheit für das Allgemeinwohl des Körpers hat, allein bei zugänglichen Organen z. B. der Haut, der Lunge &c. hat sich das Heilverfahren mit Erfolg der durch's Mikroskop geschaffenen Anschauungsweise der Krankheitsprocesse anbequemt.

Ist ferner das Vergrößerungsglas nicht jetzt schon in der Hand des Arztes ein wichtiges Mittel geworden, wenn es sich um die Erkennung der krankhaften Vorgänge handelt? Er erschließt eine Zerstörung des Lungengewebes, wenn er im Auswurf elastische Fasern findet, er erkennt, daß eine Verschimmlung der Lunge Platz gegriffen hat, wenn er Pilzsporen in dem ausgeworfenen Schleim findet. Wenn er bei der Untersuchung von erbrochenem Mageninhalt die oben in Figur 280 abgebildete Schmarotzerpflanze, die Sarcina, erblickt, so weiß er, was er zu thun hat. Das Mikroskop weist ihm, welcher Natur die krankhaften Beimischungen des Harns sind; er findet darin das Nierenepitel, Eiterkörperchen, er unterscheidet, ob die rothe Farbe Folge von Bluterguß ist oder von vermehrter Harnsäureabsonderung herrührt; er findet mit diesem Instrument den oxalsauren Kalk, wie er bei Harnsteinbildungen auftritt, kurz bei umsichtiger Verwerthung

des Mikroskops wird der Arzt sich manche Enttäuschung ersparen und den Kranken vor manchem Schaden beschützen.

Wie kam man nur aber dazu, den Werth des Mikroskops so niedrig anzuschlagen? Ein Hauptgrund ist der, daß Leute, die so urtheilen, im Einzelnen zwar Alles wissen mögen, was wir dem Mikroskop verdanken, allein sie sind nicht so weit gekommen, sich daraus ein allgemeines Verständniß des Thierkörpers zu bilden; sie fassen den Leib noch immer auf als eine Maschine, aus an und für sich trägen Theilchen zusammengesetzt, die nur von einem bestimmten Punkt aus in Bewegung gebracht wird, wie das Räderwerk der Uhr vom Gewichte. Die Einen suchten das bewegende Schwergewicht im Blute, die Andern im Nervenapparat. Sie hofften nun, das Mikroskop werde ihnen den Kopf des Nagels zeigen, auf den sie nur zu schlagen brauchen, um das Ganze wieder in Ordnung zu bringen. Diese Leute gleichen den Politikern, welche immer einen einzelnen Menschen für eine Bewegung, die das Staatswesen ergriffen hat, verantwortlich machen und glauben, mit seiner Beseitigung sei auch die Bewegung beseitigt. Das sind die Leute, die den Huß verbrannten, damit Luther sie um so sicherer auf's Haupt schlagen konnte. Das Mikroskop hat diese Hoffnung, einen solchen Angelpunkt zu finden, von dem aus die Krankheit sich aus dem Sattel heben ließe, gründlich zerstört, indem es uns den Thierleib auflöste in eine Vergesellschaftung selbstthätiger Wesen, die allerdings gegenseitig auf einander wirken können, allein doch in gewissem Sinn auch von einander unabhängig sind.

Wer jetzt auf Grund dieser Erkenntniß als Mediciner Ordnung in den Staatshaushalt bringen will, der muß weit subtiler zu Werk gehen, sich mehr um die einzelnen Existenzen kümmern, kurz das ganze gewaltsame Verfahren, welches an die Regierungsmethoden des Mittelalters erinnert, aufgeben. Man kommt zu der Ueberzeugung, daß hier Handwerkerpraxis nicht mehr ausreicht, daß eine feine Kenntniß des ganzen Staatshaushalts allein im Stande ist, erfolgreiches Eingreifen zu verbürgen. So kann man wohl sagen: das Mikroskop

hat die Ausübung der Medicin erschwert statt erleichtert, es verlangt von dem Arzte nicht mehr Routine, sondern feinen diplomatischen Tact.

Sollte das aber ein Nachtheil sein? Die Geschichte der Medicin lehrt unzweifelhaft, daß die sogenannten energischen Curen meist weit mehr Leben vernichtet als Kranke gesund gemacht haben, und der Kranke kann einem Instrument nur Dank wissen, wenn es täglich seinen Arzt zur Vorsicht mahnt. Die merkwürdige Erscheinung, daß der von der Wissenschaft längst verurtheilte Schwindel der Homöopathie noch immer Geltung beim Publicum hat, ist nur durch den Widerwillen zu erklären, den der Kranke gegen die sogenannten energischen Curen hat. Wenn aber eins beim Arzte dieselbe Abneigung gegen diese Behandlungsmethode erzeugt, so sind es die Resultate der mikroskopischen Forschung. —

XXXV.

Die Fäulniß.

Eine lange Wanderung ist's, die wir im dritten Capitel unseres Buches zurückgelegt haben, so lang wie die Lebensgeschichte der Organismen selbst, deren Schilderung unser Vorwurf war.

Mit der Zeugung und Entwicklung haben wir den Organismus bei seinem Eintritt in's Leben begrüßt, wir haben sein Thun und Treiben im erwachsenen Alter geschildert und gefunden, daß es ein Kampf um's Dasein ist, den Thier mit Thier, das Thier mit der Pflanze, die Pflanze mit dem Thier und schließlich die Pflanzen unter einander führen; wir haben gesehen, wie dieser Kampf als Mord in der mannigfaltigsten Weise, als schleichendes Schmarotzerthum zum Kranksein führt — sei es, daß der Schmarotzer ein von außen eindringender fremder Organismus ist, sei es, daß eine Revolution der

eigenen Zellen des Leibes das Signal zur Krankheit giebt, immer ist das Resultat einerseits der Tod und andererseits das neue Leben, das aus den Ruinen sproßt. Diesem Resultate wollen wir die Schlußbetrachtung des dritten Abschnittes widmen. Denn auch auf diesem Gebiete hat uns die mikroskopische Forschung der letzt verflossenen Jahre wunderbare Aufschlüsse gebracht.

Wieder ist es der Name Pasteur's, den wir an die Spitze unserer Betrachtung stellen müssen. Der Leser wird sich erinnern, daß wir schon im ersten Abschnitt über die mikroskopischen Wesen die merkwürdigen Versuche beschrieben haben, die dieser Gelehrte über die Gährung angestellt hat. Er wies nach, daß mikroskopische Organismen, die sogenannten Hefezellen, durch ihren eignen Lebensproceß die Erscheinungen hervorbringen, die wir Gährung nennen und zwar, daß sie die alleinige Ursache derselben sind. Von dieser Zeit an datirt ein Umschwung in den allgemeinen Anschauungen; Pasteur selbst hat durch die rastlose Ausdehnung seiner Untersuchungen über eine Reihe von Vorgängen Licht verbreitet. Ueber sie will ich zunächst kurz berichten. Seine ersten Versuche galten der Alkoholgährung und der Säuerung der Milch, ihnen folgte eine Untersuchung über die Ursachen der Buttersäuregährung. Dabei fand er, daß die Zersetzung der Buttersäure das Werk von mikroskopischen Organismen ist, mit denen uns schon lange zuvor Ehrenberg in seiner Geschichte der Infusorien bekannt gemacht hat. Es sind dies die sogenannten Vibrionen

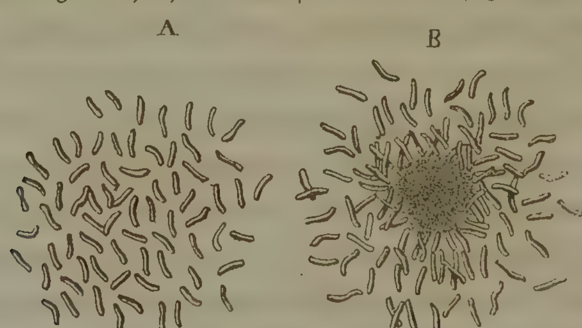


Fig. 298 und 299.

(siehe Fig. 298 und 299) in 1000facher Vergrößerung, so genannt von ihrer lebhaft zitternden Bewegung, mit der sie in den Flüssig-

keiten sich tummeln. Er wies nach, daß diese Wesen sich dadurch von den meisten andern Organismen unterscheiden, daß sie zu ihrem Leben nicht blos keinen Sauerstoff brauchen, sondern sogar im freien Sauerstoff sterben, daß also die frühere Ansicht, es gehöre zur Gährung der Zutritt von Sauerstoff, in doppelter Weise einen Stoß erhielt. Die Gährung erfolgte nur, wenn man den Sauerstoff abschloß.

An diese Untersuchungen reihten sich die über die Gährung der Milchsäure. Pasteur wies nach, daß ihre Zersetzung gleichfalls das Werk von Vibrionen ist, und unter den gleichen Verhältnissen vor sich geht.

Die große Aehnlichkeit der sogenannten Fäulniß mit der Gährung und die von Ehrenberg her schon bekannte Thatsache, daß die Vibrionen eine regelmäßige Begleitserscheinung der Fäulniß sind, veranlaßten Pasteur auch diese Processe in das Bereich seiner Untersuchungen zu ziehen. Die Resultate, zu denen er gelangte, sind folgende:

Bringt man eine für Fäulniß geeignete Flüssigkeit so in ein verschlossenes Gefäß, daß nur der Sauerstoff der Luft, nicht aber die in ihr schwebenden Keime in Berührung mit ihr sind, so tritt keinerlei Veränderung in der Flüssigkeit ein. Sobald man aber den Keimen Zutritt gestattet, so erscheinen in der Flüssigkeit gewisse Infusorien, unter denen hauptsächlich die sogenannte Monas crepusculum und Bacterium termo zu nennen sind. Es sind jetzt zwei Fälle möglich. Entweder ist dem Sauerstoff der Luft unbegrenzter Zutritt gestattet, oder man hat nach dem Eintritt der Infusorienkeime das Glas zugeschmolzen, so daß kein neuer Sauerstoff Zutritt findet. —

Im letzteren Fall sieht man die Infusorien so lange munter sich entwickeln und vermehren, als noch Sauerstoff vorhanden ist, und während dieser Zeit tritt keinerlei Fäulnißgeruch auf. Ist das letzte Restchen von Sauerstoff verzehrt, so sterben die Monaden und Bacterien, ihre Leichen sinken zu Boden, und jede Veränderung der Flüssigkeit hat für unbegrenzte Zeit ihr Ende erreicht. Ja nicht ein-

mal die Leichen der Infusorien können sich zersetzen. Neues Leben beginnt aber sofort, wenn die Keime der oben genannten Vibrionen in diese Flüssigkeit gelangen, aus der die Infusorien den Sauerstoff weggenommen haben. Da, wie schon bemerkt, die Vibrionen nur dann leben können, wenn dies geschehen ist, so finden sie jetzt die günstigsten Existenzbedingungen und vermehren sich sofort durch Theilung auf's allerlebhafteste. Ihre Nahrung beziehen sie aus den Leichen der Monaden und Bacterien, die sie verzehren und die Producte, welche sie absondern, sind jene stinkenden Fäulnißgase, die der Hauptsache nach aus Ammoniak-, Kohlenwasserstoff- und Schwefelwasserstoffverbindungen bestehen.

Aber auch ihre Thätigkeit findet ein Ende, wenn alles Nahrungsmaterial, welches die Flüssigkeit enthält, von ihnen verzehrt ist. Jetzt sterben sie, ihre Leichen sinken zu Boden, wie die ihrer Vorgänger und es tritt wieder ein Ruhezustand ein, wenn nicht mit frischem Sauerstoff die Keime solcher Organismen herbeigeführt werden, für die der Sauerstoff Lebensbedingung ist. Dies sind wieder Bacterien und da es Ammoniak zu fressen giebt, die Schimmelpilze. Unter ihrer Thätigkeit verdunsten die stinkenden Gase in der Luft und werden die Leiber der Vibrionen zerstört, aber nur so lange, als Sauerstoff vorhanden. Wie dieser verzehrt ist, erwachen die noch übrigen Vibrionen zu neuem Leben, und dieses Spiel von sauerstofffressenden Organismen und Vibrionen dauert so lange fort, bis alle organische Substanz als Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff davon gegangen ist.

Wir haben im Bisherigen den Fäulnißproceß verfolgt, wie er von der Hand des Menschen geleitet werden kann, indem er die Flüssigkeit bald von der Luft absperrt, bald ihr und den Keimen wieder den Zutritt gewährt. Etwas anders macht sich die Sache, wenn eine Flüssigkeit unter fortwährendem, ungestörtem Zutritt von Luft und Keimen fault. Das Erste, was auftritt, sind auch hier die sauerstofffressenden Monaden und Bacterien, die sich durch Theilung vermehren und in der Flüssigkeit tummeln, so lange als diese

letztere Sauerstoff in Lösung enthält. Ist aller verzehrt, so machen sie es, wie man's manchmal an heißen Sommertagen bei den Fischen im stehenden Wasser sieht, wenn ihnen der Sauerstoff ausgeht: sie kommen an die Oberfläche und schnappen nach Luft. So entsteht jenes schillernde, aus lauter Infusorien zusammengesetzte Häutchen, welches auf allen faulenden Flüssigkeiten der Vorbote und Begleiter der stinkenden Fäulniß ist. Die Bildung dieses Häutchens ist das Zeichen, daß jetzt der Sauerstoff aus der Flüssigkeit entfernt und diese so für das Auftreten der Vibrionen genügend vorbereitet ist. Diese stellen sich auch sehr bald ein, da ihre Keime fortwährend aus der Luft in die Flüssigkeit fallen und sie entwickeln sich um so ungestörter im Innern der Flüssigkeit, als sich die Infusorien von jetzt an immer an der Oberfläche halten und allen Sauerstoff, der in die Flüssigkeit eindringen will, sofort verzehren, so daß nichts von ihm in's Innere der Flüssigkeit eindringt. Es arbeiten also jetzt gleichzeitig zweierlei Organismen an der Verzehrung der faulenden Substanz; die Infusorien fressen die festen Partikelchen und nebstbei auch die aufgelösten, die Vibrionen nähren sich wahrscheinlich nur von den letzteren. Da die Infusorien zu ihrem Lebensproceß nebstbei Sauerstoff nothwendig haben, so halten sie sich an der Oberfläche, die Vibrionen in der Tiefe.

Wir müssen uns nun vergegenwärtigen, was aus dem faulenden Stoff eigentlich wird. Hierauf ist die Antwort einfach die: er wird von diesen Organismen gefressen und dann hat er das Schicksal jedes Nahrungsmittels: ein Theil wird von dem Fresser zum Wachsthum seines Leibes und zur Erzeugung von Nachkommenschaft verwendet, ein anderer Theil als Absonderungsproduct aus dem Körper ausgeschieden. Dieser letztere ist bei den Monaden und Bacterien Kohlensäure, die in die Luft entweicht, bei den Vibrionen Ammoniak, Schwefelwasserstoff, kurz überhaupt Wasserstoffverbindungen.

Zum weiteren Verständniß des Vorgangs gehört noch Folgendes. Die Monaden und Bacterien haben natürlich nur einen be-

schränkten Verbreitungsbezirk: die Oberfläche, soweit der Sauerstoff eindringt. Da durch Vermehrung ihre Zahl fortwährend zunimmt, so muß es natürlich mit der Zeit an Raum gebrechen, die stärkeren werden den Platz an der Oberfläche behaupten, und die schwächeren zurückstoßen in die sauerstofflose Tiefe, wo sie ersticken und zu Boden sinken. Dort bemächtigen sich die Vibrionen ihrer Leichen und speisen sie als willkommene Beute. Dieser Kampf um das Dasein zwischen den beiden Parteien, während dessen natürlich die Flüssigkeit durch Verdunstung immer mehr schwindet, wird noch complicirt durch das Hereintreten einer dritten Form von Organismen, der Schimmelpilze. Diese siedeln sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit an und verzehren ebenfalls einen Theil der Ausscheidungen der andern, nämlich die Ammoniakverbindungen und Kohlenhydrate, welch letztere sie in ihrem Leib verbrennen. Ist die Flüssigkeit soweit verdunstet, daß der Sauerstoff schon bis an den Boden des Gefäßes vordringt, so sterben zuerst die Vibrionen, weil der Sauerstoff sie tödtet, das Feld gehört jetzt den Schimmelpilzen und den Infusorien, von denen die letzteren die Leichen der Vibrionen fressen, während die Ausscheidungen der Infusorien wieder verzehrt werden von den Schimmelpilzen. Endlich ist das Wasser soweit verdunstet, daß auch die Infusorien nicht mehr leben können. Diese kapseln sich jetzt ein und verharren in einer Art von Winterschlaf, bis sie nach vollständiger Eintrocknung von dem aufsteigenden Luftstrom in die Atmosphäre gehoben werden, um weiteren Bestimmungsorten zuzuwandern. Jetzt stehen die Schimmelpilze allein als Sieger auf der Wahlstatt, fortwährend Sporen producirend, die der Wind entführt, aber auch nur so lange, als noch Feuchtigkeit vorhanden. Ist alle eingetrocknet, so werden keine neuen Pilzfäden mehr erzeugt, der Pilz erschöpft sich in Sporenproduction und so verfliegt der letzte Rest in die Lüfte.

Giebt es eine schönere Illustration für den Ausspruch, daß neues Leben aus dem Tode hervorgeht, als diese Geschichte der Fäulniß, wie sie durch Pasteur festgestellt ist? Früher haben wir diesen Satz nur angewendet auf die sichtbare Welt und glaubten, daß eine

Menge von Tod eine nutzlose Vergeudung von organisirtem Stoff sei, jetzt sind wir eines Besseren belehrt, wir sehen, wie bis hinab in die unsichtbare Welt hinein jeder organische Stoff eine Beute von Millionen gefräßiger Mäuler wird, die im erbittertsten Kampfe sich gegenseitig morden, immer wieder eines das andere verzehrend. Mit einer Art von heiliger Scheu betrachten wir die Völkerschlachten, die um die Leiche jedes einzelnen Wesens geschlagen werden mit einer Erbitterung und einer Vernichtung, die Alles das übersteigt, was die sichtbare Welt uns vor Augen führt. Was wäre all unser Wissen ohne das Mikroskop? Wie es uns den Ursprung jedes lebenden Wesens aus der mikroskopischen Keimzelle enthüllt hat, so zeigt es allein uns das Ende eines jeden Organismus als eine Auflösung seines Körpers in eine Anzahl von Gasen, die in der Luft sich zerstreuen und in mikroskopische Organismen fremder Art, die Samen sind für neues Leben.

Wenn der Leser bedenkt, daß eine Sache nur dann vollständig erkannt ist, wenn wir ihren Anfang und ihr Ende wissen, so wird er mir gern Recht geben, wenn ich sage: Das Mikroskop ist das Instrument, welches bestimmt ist, unser Wissen von der organischen Welt zum Abschluß zu bringen.

XXXVI.

Anhang über Cholera.

Es war zu erwarten, daß die ausgedehnte Choleraepidemie des Jahres 1866 benutzt werden würde, um eingehendere Beobachtungen über die Ursache dieser eigenthümlichen Seuche anzustellen. Nachdem schon vor einigen Monaten eine Notiz durch die Zeitungen lief, es sei in Wien gelungen, dem Choleragift in Gestalt eines Pilzes auf die Spur zu kommen, ist so eben die darauf bezügliche Schrift von Professor Klob in Wien erschienen. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind so interessant, daß ich mich für verpflichtet halte, meinen Lesern anhangsweise darüber zu berichten, ohne das, was ich vor dem Erscheinen dieser Schrift oben in Capitel XXIV. über diesen Gegenstand niedergeschrieben habe, zu ändern (zumal da es schon im Druck war). Es wird vielleicht gerade den Leser interessiren, zu sehen, wie die Arbeit des Geistes öfter der sinnlichen Wahrnehmung vorauseilt und so die Entdeckungen gewissermaßen erzwingt.

In geschichtlicher Beziehung ist vorauszuschicken, daß man schon früher bei der Cholera mehrmals Pilzbildungen gefunden hat, und besonders ist eine Episode in der Choleraliteratur in dieser Beziehung bemerkenswerth. Im Jahre 1849 untersuchten zwei englische Gelehrte Britton und Swayne die Auswurfsstoffe von Cholerakranken unter dem Vergrößerungsglas, und fanden darin unabhängig von einander ringförmige Körperchen, welche sie in dem Auswurf Nicht-cholerakranker vergebens suchten. Ein anderer Forscher, Budd, fand die gleichen Körperchen in dem Trinkwasser des Stadtviertels, in welchem die Cholera herrschte. Diese Körperchen wurden geradezu Cholerazellen oder Cholerapilze genannt. Es entstand bald eine ganze Literatur über diesen Gegenstand, aber unter dem Widerstreit der

Meinungen und da keine weiteren Thatsachen auftauchten, verlief die Sache im Sande, und Professor Klob sagt, es sei heute noch nicht klar, was damals gesehen worden sei. Später wurde noch zweimal, im Jahr 1856 in Wien und im Jahr 1860 in Prag, auf pilzähnliche Gebilde bei Cholera hingewiesen, ohne daß die Sache weitere Beachtung fand, weil man auch bei ganz gesunden Menschen in den Ausleerungen jene eigenthümliche Pilzform sah, die ich schon im ersten Abschnitt in dem Capitel über den Schimmel als Leptothrix beschrieb.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehe ich über zu den Funden von Professor Klob.

Die Entleerungen der Cholerakranken enthalten nur im allerersten Beginn auch Reste der verdauten Speisen; ist aber einmal das charakteristische Aussehen, das die Aerzte mit dem Wort reiswasserähnlich bezeichnen, eingetreten, so bestehen sie, abgesehen von der großen Menge wässeriger Flüssigkeit, mikroskopisch nur aus drei Theilen, nämlich den Epitelzellen des Darms, einzeln oder in Fetzen beisammen, wechselnden Mengen von Blutkörperchen und endlich schleimigen Klumpen von wechselnder Größe und froschlaichähnlichem Aussehen. Bei genauer Untersuchung der sogenannten Pflasterepitelzellen, die natürlicherweise aus der Speiseröhre stammen und sich namentlich häufig im Erbrochenen finden, bemerkte Klob bei 800facher Vergrößerung eine mehr oder weniger gleichmäßige Bestäubung mit feinen

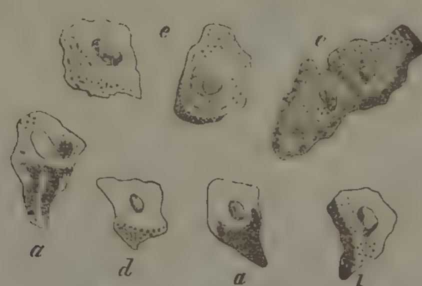


Fig. 300.

Körnchen, die deutlich eine helle Mitte und eine scharfe Randcontour zeigten (siehe Fig. 300). An einigen waren einzelne dieser Körnchen

bereits 8förmig verzogen oder lagen sie paarweise neben einander und Klob sagt: „in den bestäubten Epitelzellen hat unstreitig jeder Fachmann die Elemente wieder erkannt, welche in den verschiedenen Schriften über pflanzliche Schmarotzer unter der Bezeichnung Leptothrix buccalis auf dem Pflasterepitel des Mundes beschrieben und abgebildet sind; und in der That, es ist gewiß nichts Anderes, als eine Bestäubung mit Pilzsporen, welche diesen Zellen das eigenthümliche Aussehen verleiht."

Dieser Fund, der an und für sich noch nicht viel zu bedeuten gehabt hätte, erhielt aber seine wesentlichste Ergänzung durch die Untersuchung der schleimigen Klümpchen, die die Cholerastühle regelmäßig enthalten. Sie lösten sich unter dem Mikroskope in traubige Massen (siehe Fig. 301) von bald scharfer Begrenzung, bald wie angenagt

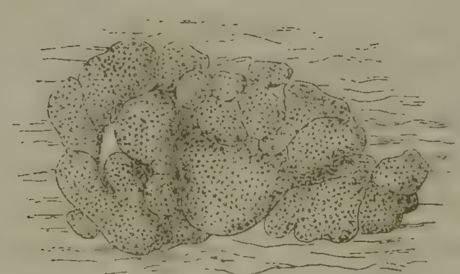


Fig. 301.

scheinend auf, die in ganz regelmäßiger Weise von den gleichen zarten Körnchen durchsetzt waren. Klob zog nun die Schriften der Botaniker über die mikroskopischen Algen und Pilze zu Rathe und fand in einer Abhandlung von Cohn folgende Angabe:

„Untersucht man einen Aufguß, in welchem sich Bacterium termo bewegt, genauer, so findet man an allen darin befindlichen fremden Körpern farblose gallertige Massen von verschiedener Größe und Gestalt. In ihrem jüngsten Zustand gleichen sie kleinen Kugeln von $^1/_{100}$ Linie und weniger im Durchmesser. Sie vergrößern sich aber beständig, wobei sie ein traubiges Ansehen bekommen und stellen

endlich große farblose Klumpen und Häute dar, oft von sehr bedeutender Oberfläche und Dicke, die ihrer Festigkeit nach einer weichen Palmella gleichen. Wie diese bestehen sie aus einer wasserhellen Gallerte, in der zahllose punkt- oder strichförmigr Körperchen ohne alle Bewegung eingelagert sind." —

Cohn erklärt diese Massen für den Jugendzustand der Bacterien, indem durch Schmelzen der Gallerte die Körperchen frei werden und zu Bacterien heranwachsen. Die Gallerte ist nach ihm eine zum Ganzen gehörige Absonderung der eingebetteten Körperchen und er stellt diese Organismen als eine eigene Gattung Zoogloea in die Abtheilung der Wasserpilze.

Klob betrachtet es mit Recht als zweifellos, daß die beschriebenen Massen in den Choleraausleerungen, wenn nicht ganz das Gleiche, so doch nahezu dasselbe seien wie das, was Cohn als Zoogloea beschreibt; mit andern Worten, daß das, was man bisher für Darmschleim hielt, nichts Anderes sei als ein pflanzliches Gebilde, die Jugendform der bekannten Bacterien.

Er fand nun weiter, daß die Körnchen der Gallerte eine Weiterentwicklung in verschiedener Weise erfahren können. Die eine Entwicklungsreihe stellt Figur 302 dar, von der Klob ausdrücklich sagt,



Fig. 302.

daß sie keine schematische Zeichnung sei. Sie zeigt sich als eine Fortbildung der Körnchen zu einem verfilzten Netzwerk von gegliederten, sogenannten Leptothrixfäden, indem sie zuerst zu gestreckten Stäbchen, den bekannten Bacterien (siehe bei Figur 302a), werden. Bei der andern Entwicklungsreihe tritt keine Gliederung der Bacterien-

stäbchen, sondern ein fädiges Auswachsen ein, wobei der Faden regelmäßige Knickungen zeigt (siehe Fig. 303).

Aus diesen Untersuchungen geht so viel hervor, „daß sich bei der Cholera im Verdauungscanal Pilzbildungen in ungemein großer Menge finden, und daß diese Pilzbildungen es über eine gewisse Stufe der Entwicklung (Gliederketten) nicht hinaus bringen."

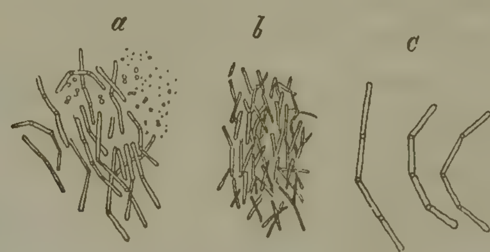


Fig. 303.

Klob untersuchte nun die Ausleerungen von Nichtcholerakranken. Er fand sowohl bei Gesunden als bei Ruhr- und Diarrhoekranken ähnliche Bildungen, Gliederfäden, Bacterienhäufchen, Schwärmsporen, aber immer (einen Fall von Ruhr ausgenommen) in geringerer Menge und außerdem hebt er hervor, „daß die Hauptmassen der in andern Krankheiten vorfindigen Bildungen Verschiedenheiten zeigen," „daß die Bacterien, die er bei Dissenterie fand, alle entschieden schmäler und etwas länger seien, als die bei der Cholera gefundenen."

Klob stellte auch einige Culturversuche an. Er legte solche Schleimklümpchen in ein Schälchen mit Syrup. Nach einigen Tagen war die Oberfläche des Syrups mit einem feinen weißlichen Häutchen bedeckt, das aus den schönsten Pilzfäden und Hefenzellen mit Tausenden von wimmelnden Schwärmsporen durchsetzt bestand. In den Klümpchen selbst fand sich der ausgebildetste Bacterienfilz. Ein anderer Versuch bestand darin, daß er in großen verschlossenen Gefäßen Choleraentleerungen faulen ließ; die Jauche enthielt Myriaden von Schwärmsporen. Als er diese auf verdünnten Alkohol säete, fand er schon nach ganz kurzer Zeit neben den Schwärmsporen eine

kolossale Menge von Bacterien in Verfilzung mit einem etwas festeren schleimigen Medium.

Er dehnte dann seine Untersuchungen auf die Gekrösdrüsen und das Blut aus. In den ersteren fand er eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Schwärmsporen. „Die Untersuchung des Blutes fiel — ich will sagen negativ aus, obwohl ich in einem Präparate Schwärmsporen sah.“ „Dessen ungeachtet wollte ich das Blut in der Weise auf Sporen untersuchen, daß ich die etwa vorhandenen zur Keimung brächte.“ Er nahm zwei Gläschen mit Syrup und brachte in das eine einige Tropfen Blut einer Choleraleiche, in das andere solches von der Leiche eines Schwindsüchtigen. „Am achten Tag bemerkte ich im Cholerablute eine Trübung am Boden des Gefäßes, während am Rande der Oberfläche sich ein bei Neigung des Fläschchens am Glase haftender, sulziger, vollkommen klarer Ring zeigte. Am zwölften Tage war die Trübung nach und nach von unten herauf gewachsen, jedoch so, daß sich unten die trübste und zugleich entfärbt aussehende Schicht zeigte.“ Er öffnete nun und untersuchte den Inhalt. Dieser zeigte „eine ziemliche Menge von Schwärmsporen kleinster Gattung, dann aber der Hauptmasse nach Leptothrix-, Hefenzellen und längere und kürzere Pilzfäden von sehr bedeutender Kleinheit mit eingeschlossenen Schwärmsporen, die sich lebhaft bewegten.“ Das Blut von der Leiche des Schwindsüchtigen war am zwölften Tage noch so vollkommen klar wie am ersten, keine Spur einer Trübung zu bemerken. Er nahm deshalb ein drittes Fläschchen, schüttete die Hälfte des Syrups mit dem schwindsüchtigen Blut in dasselbe und verschloß es erst nach vierundzwanzig Stunden, während er das zweite Fläschchen mit dem Rest sogleich wieder schloß. In diesem letzteren hatte sich bis zu der Zeit, wo der Verfasser seine Beobachtungen niederschrieb, weder für das bloße Auge noch für das Vergrößerungsglas irgend eine Pilzbildung entwickelt, während in dem dritten Fläschchen, das vierundzwanzig Stunden offen gestanden war, schon am fünften Tage die schönsten Schimmelrasen entstanden.

Dies sind die thatsächlichen Beobachtungen des genannten Ge-

lehrten, die ich möglichst mit seinen eigenen Worten auszugsweise mitgetheilt habe. Ich will nun angeben, was der Verfasser aus diesem Befunde schließen zu dürfen glaubt. Er beruft sich einerseits auf die ziemlich übereinstimmenden Angaben Pasteur's, de Bary's ꝛc., daß alle die hierher gehörigen Organismen, Bacterien, Vibrionen, Hefezellen, Leptothrix ꝛc., durch ihre Vegetation nachgewiesenermaßen eine zersetzende Wirkung auf die Flüssigkeiten und organischen Bildungen ausüben, in und auf denen sie wachsen.

Er beruft sich ferner auf die außer Zweifel stehenden, von mir mitgetheilten Untersuchungen über die Ursache des Milzbrandes, für die man die im Blute solcher Geschöpfe in Menge vorgefundenen Bacterien hält, und sagt, daß bei der Masse von Bacteriengallerte, die man regelmäßig in den Choleraausleerungen finde, kein Zweifel darüber sein könne, daß wenigstens ein Theil der Krankheitserscheinungen von ihnen veranlaßt werde. Weiter sagt er, die kolossalen Massen dieser Organismen, die ein Cholerakranker entleere, weisen darauf hin, daß in dem Kranken selbst der Herd ihres Wachsthums sei, daß es sich also nicht um das Durchpassiren von zufällig mit verschluckten gleichgiltigen niedern Organismen handeln könne. Endlich beruft er sich darauf, daß die Pilzbildungen, die er in den Ausleerungen von Nichtcholerakranken fand, zwar sehr ähnlich, aber keineswegs gleich mit den beschriebenen Organismen bei der Cholera seien. Aus dem Allem glaubt er folgern zu dürfen, daß, wenn die erwähnten Bildungen nicht die Ursache der Cholera sind, sie wenigstens mit der eigentlichen Ursache in naher Beziehung stehen. —

Es ist selbstverständlich, daß die Wissenschaft sich mit den so eben mitgetheilten Beobachtungen nicht begnügen darf, ja daß sie sogar die Pflicht hat, die schärfste Kritik an ihnen zu üben, denn sie enthalten noch lange nicht den unumstößlichen Beweis, daß die gefundenen Bacterien wirklich jenes Tod und Schrecken verbreitende so lange gesuchte Choleragift sind. Weitere Untersuchungen sind schon

deshalb nothwendig, weil in den Funden des erwähnten Gelehrten noch gar nichts über Entwicklungsgeschichte und sonstige Verhältnisse dieses Schmarotzers außerhalb des menschlichen Leibes enthalten ist. Andererseits aber ist es gestattet unter Hinweisung auf die vielfachen Gründe, die dafür sprechen, daß das Choleragift ein lebender und sich fortpflanzender Organismus sei — ich habe die hauptsächlichsten früher in Capitel XXIV. zusammengestellt — den Ausspruch zu thun, daß das, was Professor Klob fand, höchst wahrscheinlich die Choleraursache ist. Diese Krankheit würde also herbeigeführt durch die Aufnahme von Pilzsporen einer bestimmten Gattung in den Verdauungscanal, sei es nun durch das Trinkwasser oder die Speisen, sei es, daß sie in der Luft flottiren gleich den Sporen des Schimmels. Ihr Vegetationsproceß im Darmcanal, der natürlich zunächst auf Kosten der Epitelzellen stattfinden muß, würde diese zum Absterben und Abfallen bringen und jene Reizung der Darmfläche verursachen, die dem Blut fast alle wässerigen Bestandtheile entzieht. Nehmen wir hinzu, daß die Schwärmsporen in die Blutbahn eintreten, um dort gleichfalls auf Kosten des Blutes zu vegetiren, so reichte das vollkommen hin, das ganze Krankheitsbild der Cholera zu erklären. Nach der Entleerung müssen wir annehmen, daß die Cholerapilze in den Aborten oder da, wo sie sonst mit den Ausleerungen hingeschwemmt werden, eine weitere Entwicklung zu uns noch unbekannten Fructificationsformen erfahren, deren Sporenstaub dann wieder als Choleraursache wirksam werden könnte.

Stellen, wie ich wohl glauben möchte, weitere Untersuchungen die Richtigkeit dieser Vermuthung heraus, hätten wir also dann für zwei sogenannte contagiöse Krankheiten, nämlich Milzbrand und Cholera, einen lebenden Organismus und zwar speciell Bacterien als Ursache erkannt, so wächst damit natürlich die Wahrscheinlichkeit, daß auch die anderen contagiösen Krankheiten eine ähnliche Ursache haben, in hohem Grade. Namentlich liegt es nahe, zur Erklärung der Ruhr ebenfalls die Bacterien zu verwenden, die Klob in den Entleerungen

solcher Kranken gefunden hat, und vielleicht eine ähnliche Ursache für Typhus, Wechselfieber ꝛc.

Jedenfalls werden wir im Anschluß an die mitgetheilten Beobachtungen und veranlaßt durch sie in Bälde weitere Bestrebungen und zuversichtlich auch Erfolge zu notiren haben, das bisher noch so dunkle Gebiet der Krankheitsursachen aufzuhellen. Das wäre dann der Grabgesang für eine ganze Reihe von nebelhaften Vermuthungen und Theorien, bei denen man mit Worten das Nichtwissen zu beschönigen und zu verbergen sucht.

Vierter Theil.

Das Mikroskop und sein Gebrauch.

I.

Die Grenzen des Sehens mit bloßem Auge.

Was ein Mensch noch zuletzt mit bloßem Auge erblicken kann, ehe er eines der vielfältigen Bewaffnungsmittel ergreifen muß, welche die Kunst erfunden, ist nicht unter allen Umständen gleich groß. Eine Reihe von Umständen kommen in Betracht, die theils das Sehwerkzeug selbst, theils den gesehenen Gegenstand betreffen. Bei den Versuchen, die man hierüber anstellte, nimmt man als Maßstab den Winkel an, unter dem die Randstrahlen eines betrachteten Körpers im Auge sich schneiden und hat gefunden, daß dieser schwankt zwischen zwei Bogensecunden und zwei Bogenminuten. Die günstigsten Verhältnisse für die Sichtbarkeit bieten lange Gegenstände. So hat man z. B. Silberdrähte im Sonnenschein unter einem Winkel von $1/2$ Bogensecunde gesehen, während ein kugelförmiger Körper, schwarz auf weißem Grunde, schon verschwindet, wenn der Sehwinkel unter zwei Bogenminuten herabsinkt. In dem ersteren Fall kommt freilich die Brechung des Lichts an den Rändern des Drahtes in Betracht, durch die derselbe eigentlich breiter wird, als er an und für sich selbst ist, allein mit schwarzen Strichen

auf weißem Papier, wo keinerlei Lichtbrechung stattfindet, kann man sich überzeugen, daß die Sichtbarkeit des Striches bei gleicher Breite mit zunehmender Länge wächst. Ebenso steigt die Sichtbarkeit eines Gegenstandes, wenn er sich bewegt, ferner selbstverständlich, je mehr seine Farbe absticht gegen die seiner Umgebung und je günstiger die Beleuchtung ist, unter der er sich befindet.

Wenn ich oben sagte, daß der Maßstab für die Sichtbarkeit eines Gegenstandes der Winkel ist, unter dem er gesehen wird, so ist damit eigentlich schon ausgesprochen, daß die Sichtbarkeit eines jeden Gegenstandes abhängt von der Entfernung zwischen ihm und dem Auge. Wenn wir einerseits sagen können, kein Gegenstand sei so groß, daß es nicht eine Entfernung gebe, in der er schließlich dem unbewaffneten Auge verschwindet, so können wir eigentlich auch umgekehrt keinen noch so kleinen Körper für absolut unsichtbar erklären: wir dürfen ihn nur dem Auge so nahe bringen, daß sein Sehwinkel die oben erwähnte Größe besitzt.

Der eigenthümliche Bau des menschlichen Auges setzt nun aber dieser Annäherung Schranken entgegen. Darin liegt vor Allem die Grenze des Sehens mit bloßem Auge, und gleichzeitig werden wir finden, daß das Vergrößerungsglas in der That nichts Anderes bewirkt, als eine größere Annäherung des Gegenstandes an's Auge möglich zu machen.

Während ein gesundes Auge es in seiner Gewalt hat, die Strahlen sowohl von fern- als von naheliegenden Gegenständen zu einem deutlichen Bild auf seiner Netzhaut zu vereinigen, giebt es zweierlei krankhafte Abweichungen des Sehvermögens, von denen wir zu sprechen haben, wenn man bestimmen will, bei welcher Grenze das Bedürfniß eines Vergrößerungsglases erwacht. Man nennt einen Menschen fernsichtig, wenn er die Strahlen von Gegenständen, die seinem Auge näher rücken als 8 oder 10 Zoll, nicht mehr zu einem deutlichen Bild auf seiner Netzhaut vereinigen kann. Schuld daran ist eine zu geringe Brechungsfähigkeit von Linse und Glaskörper. Während also solche Leute ohne Schwierigkeit die fernsten Gegen-

stände in deutlichem Bilde erblicken, hindert sie die Beschaffenheit ihres Auges kleine Gegenstände dadurch in die Grenze ihrer Wahrnehmung zu bringen, daß sie dieselben in größerer Nähe betrachten.

Der entgegengesetzte Fehler ist die Kurzsichtigkeit. Eine zu starke Wölbung des Auges im Ganzen oder seiner einzelnen lichtbrechenden Körper macht, daß die Strahlen von entfernten Gegenständen sich nicht mehr auf der Netzhaut, sondern schon vor ihr vereinigen und so ein verschwommenes Bild entsteht. Aber gerade die größere Brechungsfähigkeit seines Auges, die ihm für die Ferne hinderlich ist, gestattet dem Kurzsichtigen die Gegenstände dem Auge näher zu rücken, als der Fernsichtige es thun kann. Daraus erwächst für ihn der Vortheil, Dinge mit bloßem Auge zu sehen, die der Fernsichtige wegen ihres zu geringen Abstands nicht mehr erkennen kann. Im gemeinen Leben sagt man von dem Kurzsichtigen: er sehe schlecht. Das ist aber nicht richtig: er sieht nur in die Ferne schlechter als der gutäugige Mensch; aber da er die Dinge seinem Auge näher bringen kann als der Gutäugige, so sieht er mehr als dieser, sieht Dinge, die dieser nur mit Hilfe eines Vergrößerungsglases wahrnehmen kann.

Daraus geht hervor, daß die Grenze des Sehens mit bloßem Auge nicht für jeden Menschen gleich ist, sie schwankt je nach der innern Grenze der Sehweite des betreffenden Auges und diese variirt zwischen 3 und 10 Zoll.

Will man eine bestimmte Größe angeben, unter die ein Körper nicht herabsinken darf, wenn er noch mit bloßem Auge gesehen werden soll, so kann man im Allgemeinen sagen: Kein kugelförmiger Körper, der weniger als $^1/_{300}$ Zoll ($^1/_{12}$ Millimeter) Durchmesser hat, ist für einen gutäugigen Menschen sichtbar. Ein kurzsichtiger Mensch dagegen kann unter günstiger Beleuchtung kugelförmige Körper unterscheiden, wenn sie selbst nur einen Durchmesser von $^1/_{30}$ Millimeter besitzen. So sehe ich z. B. mit meinem sehr kurzsichtigen Auge die Blutzellen der Salamander, die ungefähr so groß sind, bei günstiger Beleuchtung ganz deutlich.

II.

Die Lichtbrechung.

Wenn ich dem Leser die Wirkung der Vergrößerungsgläser deutlich machen soll, so muß ich ihn zuerst mit der Erscheinung bekannt machen, die der Physiker Lichtbrechung nennt. Wenn nämlich ein Lichtstrahl aus der Luft eindringt in einen Stoff von größerer Dichtigkeit, also z. B. Wasser oder Glas, so geht er nicht geradlinig in der Richtung weiter, in welcher er gekommen ist, sondern wird gebrochen, d. h. seine Richtung wird abgeändert und zwar in einer Weise, wie es die nachstehende Figur 304 darstellt.

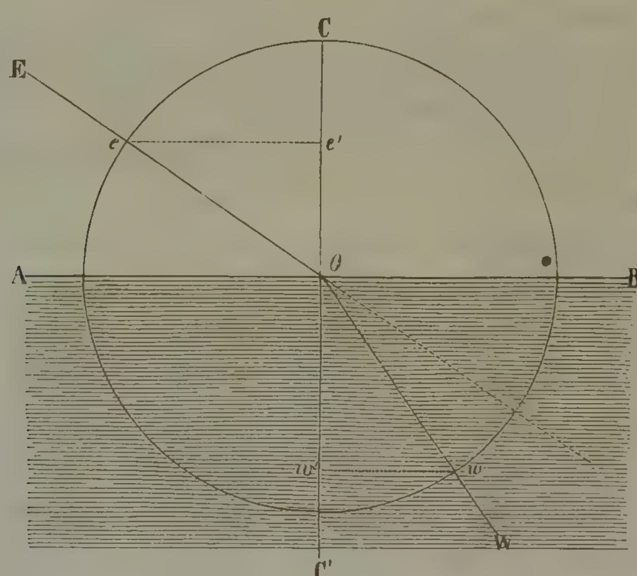


Fig. 304.

Trifft ein aus der Luft kommender Strahl OE den Wasserspiegel AB, so geht er nicht in der Richtung nach f fort, sondern wird abgelenkt nach W. Um das Maaß dieser Ablenkung in Zahlen auszudrücken, zieht der Physiker durch den Einfallspunkt O eine Linie CC′, welche die Oberfläche des lichtbrechenden Körpers unter

rechtem Winkel schneidet und vergleicht jetzt den Winkel COE, den der einfallende Strahl mit dieser senkrechten beschreibt, mit dem Winkel WOC', den der gebrochene Strahl mit der Verlängerung dieser senkrechten Linie bildet. Er thut dies, indem er das Größenverhältniß der Linie ee' (sogenannter Sinus des Einfallswinkels) mit der Linie ww' (Sinus des Brechungswinkels) in Zahlen ausdrückt. Dabei setzt man den Brechungswinkel, weil er immer der kleinere ist, = 1 als allgemein giltig voraus und hat dann nur noch anzugeben, wie groß im Verhältniß der Einfallswinkel ist. Wenn also in einem Handbuch der Physik steht, die Brechungszahl des Wassers sei 1 ⅓, die des Flintglases 1 ⅔, die des Diamantes 2 ½, so heißt das soviel als: Wenn der Sinus des Brechungswinkels, d. h. die Linie ww', 1 ist, so ist der Sinus des Einfallswinkels, d. h. die Linie ee', um ⅓ oder um ⅔ oder 2 ½ mal größer. Dabei ist nur noch zu bemerken, daß der Physiker sich den Strahl nicht aus der Luft kommend denkt, sondern aus einem luftleeren Raum.

Um alles Wesentliche über die Lichtbrechung zu sagen, muß noch bemerkt werden, daß die Strahlen, welche die lichtbrechende Oberfläche senkrecht treffen, gar nicht gebrochen werden, sondern in der gleichen Richtung weiter gehen. Ferner ist noch Folgendes zu bemerken, wovon man sich im täglichen Leben jeden Augenblick überzeugen kann. Stellen wir uns an den Rand eines spiegelklaren Wassers, so werden wir in einem gewissen Umkreis durch das Wasser hindurch die Gegenstände am Grunde desselben erkennen, aber weiter hinaus verdeckt uns die blitzende Wasserfläche den Einblick in die Tiefe. Dies kommt daher: Wenn der Lichtstrahl aus dem Wasser heraufkommt und in die Luft eintritt, so wird der Winkel, den er mit der Wasserfläche bildet, der sogenannte Ausfallswinkel, um eben so viel größer, als er beim umgekehrten Verlauf von der Luft in das Wasser kleiner geworden ist. Der Leser wird sich nun leicht denken können, daß es eine Richtung des Strahls geben wird, bei welcher der Ausfallswinkel ein rechter sein wird, d. h. mit andern Worten,

daß der abgelenkte Strahl gar nicht mehr aus dem Wasser herauskommen wird, sondern an der Grenze zwischen Luft und Wasser sich fortbewegt. Natürlich richtet sich die Grenze, bei der dies eintritt, nach der Brechungszahl: beim Wasser, wenn der Winkel 48¼ Grad überschreitet, bei Flintglas schon bei einem solchen von 38½.

Wollen wir uns vergegenwärtigen, auf welche Weise wir von der Lichtbrechung durchsichtiger Körper Gebrauch machen, um Dinge wahrzunehmen, die der unbewaffneten Sehkraft verborgen bleiben, so müssen wir uns zuerst klar machen, wie der Gang der Lichtstrahlen sein muß, wenn es zum deutlichen Sehen kommen soll. Wie ich dem Leser bei der Schilderung des Auges sagte, ist das Bild, das in unserem Auge entsteht, ein Mosaikgemälde, zusammengesetzt aus leuchtenden Punkten (siehe oben Seite 421 u. ff.). Für unsere Erklärung genügt es, zu wissen, wie Ein solcher Punkt zu Stande kommt. Das haben wir uns so zu denken:

Jeder leuchtende Punkt der Außenwelt sendet nach allen Richtungen des Raumes Lichtstrahlen aus. Von diesen trifft ein Theil unser Auge, und zwar werden diese alle zusammen einen Kegel bilden, dessen Spitze der leuchtende Punkt, dessen Grundfläche der Durchmesser unseres Sehloches ist. Selbstverständlich fahren alle diese Strahlen gegen das Auge hin pinselförmig auseinander. Den brechenden Mitteln unseres Auges, Hornhaut, Linse, Glaskörper ꝛc., fällt die Aufgabe zu, diese auseinander fahrenden Strahlen so zu brechen, daß sie wieder in einem Punkt (v) sich vereinigen, der auf der Netzhaut liegt, also so, wie dies die umstehende Figur 305 B zeigt. Da die Brechungszahl für jeden durchsichtigen Stoff eine ganz bestimmte ist, so wird die Lage des Punktes, in dem die gebrochenen Strahlen wieder zusammentreffen, ganz davon abhängen, unter welchem Winkel die Randstrahlen des Strahlenpinsels das Auge treffen, und der hängt natürlich wiederum ab von der Entfernung des leuchtenden Punktes. Je weiter dieser entfernt ist, um so früher wird die Vereinigung geschehen, je näher er ist, desto später werden sie sich vereinigen.

Wäre das Auge eine starre Glaskugel, so müßte der leuchtende Punkt immer genau denselben Abstand haben, wenn die von ihm ausgehenden Strahlen gerade auf der hinten anliegenden Netzhaut sich vereinigen sollten. Würde er in größere Ferne rücken, so würde

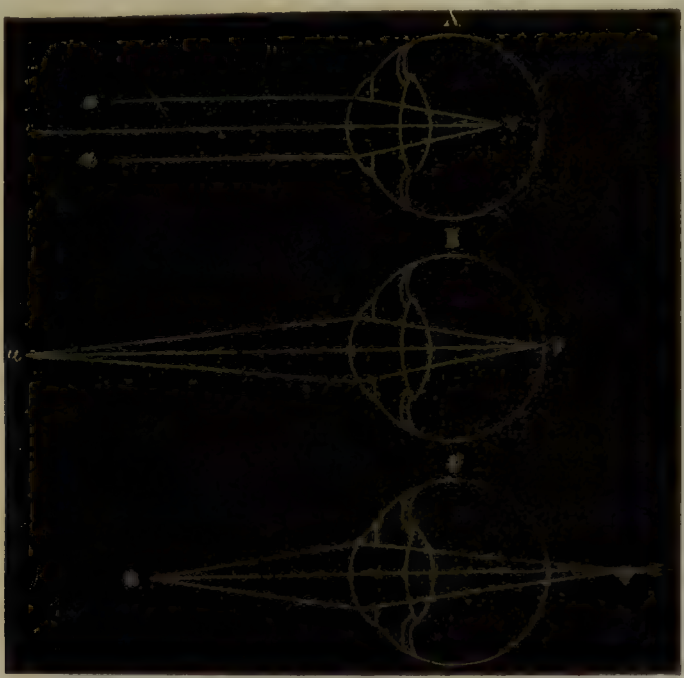


Fig. 305.

die Vereinigung vor die Netzhaut fallen (siehe Fig. 305 A), würde er näher rücken, so träfen sie sich erst hinter der Netzhaut (siehe Fig. 305 C). Das gesunde Auge kann nun mittelst Muskelkraft einmal die Linse so verschieben, daß die Brechungsfähigkeit des ganzen Auges bald vergrößert bald verkleinert wird, andererseits durch größere Wölbung oder Abplattung des ganzen Augapfels die wahrnehmende Netzhaut entweder nach vorn rücken, um die Vereinigungsstelle von fern herkommenden Strahlen zu berühren, oder nach hinten, um die Vereinigungsstelle für Strahlen aus großer Nähe zu erreichen: eine Fähigkeit, die man Accommodation nennt. Dadurch wird das Auge befähigt, sowohl nahe als ferne Gegenstände deutlich zu sehen, was unmöglich wäre, wenn diese Bewegungsfähigkeit mangelte. Allein diese hat ihre Grenze: rückt der leuchtende Punkt über diese hinaus

dem Auge zu nahe, so fällt die Vereinigung des Strahlenbündels hinter die Netzhaut (Figur 305 C). Soll dies beseitigt werden, so muß zwischen den leuchtenden Punkt und das Auge ein Körper gebracht werden, der den Pinsel auseinander fahrender Strahlen soweit bricht, daß es dem Auge vollends gelingt, sie in einem weiter nach vorn, also auf der Netzhaut liegenden Punkt zu vereinigen; einen solchen Körper nennt man ein Vergrößerungsglas.

Es ist selbstverständlich: je stärker die brechende Kraft des angewandten Vergrößerungsmittels ist, um so näher kann man den betreffenden Gegenstand dem Auge bringen. Der Leser vergegenwärtige sich nun, was ich im vorigen Capitel über die Sichtbarkeit eines Gegenstandes gesagt habe: ceteris paribus hängt sie ganz ab von der Oeffnung des Sehwinkels. Da nun diese in dem Maaße zunimmt, in welchem ein Gegenstand dem Auge sich nähert, so wird ein vor's Auge gebrachter Körper, der die Strahlen in der oben angegebenen Weise bricht, die Grenze der Sichtbarkeit verkleinern, mit andern Worten, es werden mit seiner Hilfe Dinge gesehen werden, die kleiner sind als das Kleinste, was wir mit bloßem Auge wahrnehmen.

Da ferner die scheinbare Größe eines Körpers ebenfalls wieder abhängt von der Oeffnung des Sehwinkels, und diese von seiner Entfernung vom Auge, so wird durch ein Instrument, welches eine größere Annäherung des Gegenstandes an das Auge ermöglicht, auch seine scheinbare Größe vermehrt. Diese letztere Wirkung ist es, die beim anfänglichen Gebrauch solch künstlicher Hilfsmittel des Sehvermögens zuerst imponirte und deshalb tragen sie den Namen Vergrößerungsgläser.

Als Resultat dieser Auseinandersetzung ersuche ich den Leser im Auge zu behalten, daß die Wirkung aller hierher gehörigen Hilfsmittel darauf beruht, daß sie uns erlauben, einen Gegenstand in größerer Nähe zu betrachten. Wie sie beschaffen sein müssen, werden wir im nächsten Capitel sehen.

III.

Die Linse.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitt die wichtigsten Gesetze der Lichtbrechung auseinander gesetzt und gezeigt, daß lichtbrechende Körper es sind, deren wir uns bedienen, um sonst nicht sichtbare Gegenstände wahrzunehmen. Es bleibt uns jetzt die Aufgabe, auseinander zu setzen, wie beschaffen die lichtbrechenden Körper sein müssen, um das zu thun, was wir vergrößern nennen.

Der allgemeine Name für die lichtbrechenden Körper, wie wir sie in der Optik verwenden, ist Linse. Es sind Glasstückchen, von ebenen oder gebogenen Flächen begrenzt. Die letzteren sind immer Theile einer Kugelschale. Zu Zwecken der Vergrößerung kommen dreierlei Sorten zur Verwendung: plan-convexe oder einfach gewölbte (Fig. 306 B), von einer ebenen und einer gewölbten Fläche



Fig. 306.

begrenzt, biconvexe oder doppelt gewölbte (Fig. 306 A), von zwei gewölbten Flächen umgeben, plan-concave (Fig. 306 E), die auf der einen Seite eben, auf der andern gehöhlt, also einfach gehöhlt sind. (Minder wichtig sind für uns die doppelt gehöhlten (D) und die gehöhlt gewölbten (C. u. F.)

Sehen wir zu, in welcher Weise diese dreierlei Linsen das Licht brechen und gehen dabei von der Voraussetzung aus, daß das Glas, aus dem sie bestehen, die Brechungszahl $1\frac{1}{2}$ besitze. Sie ist zwar in der Wirklichkeit etwas größer, nämlich nahezu $1\frac{2}{3}$, allein unsere

Darstellung wird einfacher, wenn wir die zuerst genannte Brechungszahl nehmen. In Figur 307 ist eine einfach gewölbte Linse in den Kreis eingezeichnet, von dem ihre Krümmung einen Theil ausmacht. Wenn eine solche Linse von parallel gehenden Lichtstrahlen getroffen

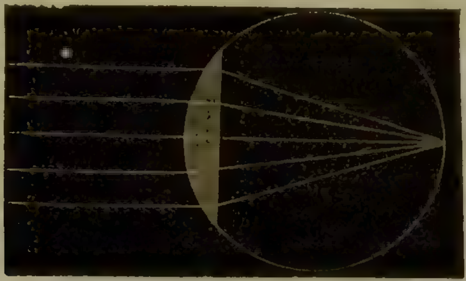


Fig. 307.

wird, so werden diese so gebrochen, daß sie sich auf dem Punkte der Kreislinie treffen, der dem Mittelpunkt der Linse gerade gegenüberliegt. Man sagt also, der Brennpunkt einer einfach gewölbten Linse entspreche dem Durchmesser des Kreises, von dem ihre gekrümmte Fläche einen Abschnitt bildet.

Eine doppelt gewölbte Linse, welche statt der ebenen Fläche eine in gleichem Maaß gekrümmte besitzt (siehe Fig. 308 im Querschnitt),

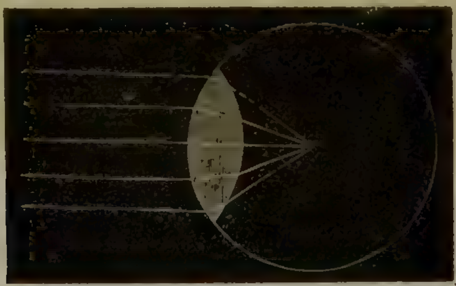


Fig. 308.

bricht den Lichtstrahl doppelt so stark, als eine einfach gewölbte von gleicher Krümmung: parallel gehende Strahlen werden deshalb, wie es die Figur zeigt, schon im Mittelpunkt des Krümmungskreises vereinigt. Man sagt deshalb, die Brennweite einer solchen Linse entspreche ihrem Krümmungshalbmesser.

Die einfach gehöhlten Linsen, deren man sich bei den Vergrö-

ßerungsgläsern nur bedient, um gewisse Mängel der gewölbten Linsen, von denen wir später sprechen werden, zu beseitigen, haben eine entgegengesetzte Wirkung. Anstatt daß sie parallel gehende Strahlen in einem sogenannten Brennpunkt hinter der Linse sammeln, machen sie, daß dieselben auseinander fahren oder, wie man sich ausdrückt, sich zerstreuen (siehe Fig. 309). Man nennt sie deshalb auch Zerstreuungslinsen, und

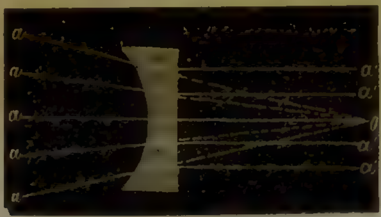


Fig. 309.

den Punkt o, in welchem die Strahlen rückwärts verlängert sich erreichen, Zerstreuungspunkt, während man die gewölbten unter dem Ausdruck Sammellinsen zusammenfaßt.

Rufen wir uns in's Gedächtniß zurück, was ich im vorhergehenden Abschnitt über die Ursachen gesagt habe, warum wir nur bis zu einer gewissen Grenze im Wahrnehmen kleiner Gegenstände gelangen, so wird uns die Wirkung der Sammellinsen augenblicklich klar werden. Wie ich dort bemerkte, sehen wir solche Gegenstände deshalb nicht mehr, weil wir sie dem Auge nicht nahe genug bringen können und zwar warum? Weil der Strahlenbüschel, der von einem leuchtenden Punkt ausgeht, so stark auseinander fährt, daß wir ihn nicht mehr in einem Brennpunkt auf der Sehhaut vereinigen können. Das kann unser Auge nur mit solchen Lichtstrahlen thun, die entweder parallel gehen oder nur wenig auseinander fahren. Das erstere ist beim fernsichtigen Auge der Fall, das letztere beim kurzsichtigen.

Ich ersuche nun den Leser, sich noch einmal die obigen Figuren 308 und 309 zu betrachten. Wenn wir in den Brennpunkt einer Sammellinse einen leuchtenden Körper bringen, so werden die von ihm ausgesandten Strahlen nach ihrem Durchgang durch die Linse parallel fortlaufen, also eine Richtung besitzen, wie sie für ein fern-

sichtiges Auge gerade die entsprechende ist. Rücken wir den leuchtenden Körper ein Stückchen über den Brennpunkt der Linsenoberfläche näher, wie es in der nachstehenden Figur 310 gethan ist, so wird

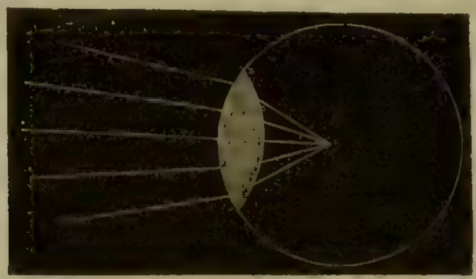


Fig. 310.

das von ihm geworfene Strahlenbündel nach dem Durchgang durch die Linse aus schwach auseinander fahrenden Strahlen bestehen, also aus solchen, wie sie ein kurzsichtiges Auge gebraucht. Hat Jemand gute Augen, d. h. accommodationsfähige, so sieht er mit einer solchen Linse sowohl Gegenstände, die in ihrem Brennpunkt liegen, als auch solche, die sich etwas näher der Linsenoberfläche befinden; allein jenseits des Brennpunktes und über eine gewisse Grenze der Linse zu nahe, ist deutliches Sehen nicht mehr möglich.

Wenn wir also eine Linse als sogenanntes Vergrößerungsglas gebrauchen wollen, so bringen wir den zu untersuchenden Gegenstand in ihren sogenannten Brennpunkt oder etwas diesseits desselben, dann kann das hinter der Linse befindliche Auge ihn erblicken und zwar genau so groß, als er uns vorkommen würde, wenn an der Stelle der Linse unser Auge stünde.

„Wie kann man dann aber sagen, daß eine solche Linse vergrößere, wenn man doch den Körper um nichts größer sieht, als man ihn in solcher Nähe ohnedem sehen würde?“ Einfach deshalb, weil wir das Bild, welches unser Auge von ihm bekommt, uns nicht in dem Abstand denken, in dem der Körper sich wirklich befindet, sondern ihn uns in eine Entfernung hinaus denken, die unserer gewöhnlichen Sehweite für nahe Gegenstände entspricht. Das, was ich meine, kann sich der Leser sehr leicht durch ein Experiment verdeutlichen. Er

schneide sich ein Männchen von Papier aus und klebe es auf die Fensterscheibe. Betrachtet er dasselbe mit beiden Augen mit dem richtigen Bewußtsein der wahren Entfernung, so wird er ihm seine richtige Größe geben. Betrachtet er es aber mit Einem Auge, um sich die Vorstellung möglich zu machen, das Männchen stehe unten auf der Straße, so wird es ihm bei ganz gleichem Sehwinkel als ein ungeheurer Riese vorkommen.

Jetzt kann ich dem Leser auch erklären, warum nicht zwei Leute ein Ding, was sie mit einem und demselben Vergrößerungsglas betrachten, gleich groß angeben werden. Im Allgemeinen, je kurzsichtiger Einer ist, oder je mehr er auch bei sonst guten Augen gewohnt ist, Gegenstände in großer Nähe zu betrachten, desto kleiner wird ihm das vorkommen, was er mit dem Vergrößerungsglase sieht, je fernsichtiger er aber ist, desto größer erscheint es ihm. Der Sehwinkel ist für alle Beschauer gleich groß, wenn sich aber der Kurzsichtige den Gegenstand in drei Zoll Entfernung denkt, ein anderer ihn in sechs Zoll sich hinaus verlegt, und endlich ein Fernsichtiger in neun Zoll, so wird der Gegenstand dem Letztern dreimal, und dem Zweiten zweimal so groß vorkommen als dem Ersten. Aus diesem Grunde beurtheilt auch der Nichtkenner die vergrößernde Kraft einer solchen Linse fast ebenso verschieden, als der Laie die Größe des Mondes. Die Optiker sind darin übereingekommen, ein Normalmaaß der Sehweite festzustellen. Die Engländer nehmen 10 Zoll, die Deutschen 8 Zoll und die Franzosen 25 Centimeter als Normalmaaß an. Auf Grund dessen wird die vergrößernde Kraft einer Linse bestimmt. Erlaubt eine Linse einen Gegenstand in der Entfernung von einem Zoll zu betrachten (hierbei wird von der dem Auge zugewendeten Fläche der Linse an gerechnet), so sagt der Engländer, sie vergrößere zehnmal, der Deutsche schreibt ihr eine achtfache Vergrößerungskraft zu. Aus dem, was ich über die Lichtbrechung der Linsen gesprochen habe, geht unmittelbar hervor, daß die vergrößernde Kraft einer Linse wachsen muß in dem Maaße, als der Kreis kleiner wird, von dem die gekrümmte Oberfläche der Linse ein Abschnitt ist, mit andern Worten,

je stärker die Krümmung seiner Oberfläche ist. Ist die Brechungszahl, wie wir oben annahmen, $1\frac{1}{2}$, so entspricht die Brennweite, nach der wir die vergrößernde Kraft bemessen, bei der einfach gewölbten Linse dem Durchmesser, bei der doppelt gewölbten dem Halbmesser des Krümmungskreises. Es ist aber klar: wenn die Brechungszahl eine größere ist, wie also z. B. beim Diamant, so wird der Vereinigungspunkt paralleler Strahlen der Linsenoberfläche näher rücken, als im bisher angenommenen Fall, die Brennweite wird kürzer als der Halbmesser resp. Durchmesser, und somit vergrößert eine solche Linse bei gleicher Krümmung stärker. Will man also die Stärke einer Linse berechnen, so hat man nicht blos die Krümmung ihrer Oberflächen, sondern auch die Brechungszahl der Masse, aus der sie besteht, zu berücksichtigen.

IV.

Die Fehler der Linsen.

Alle Linsen, auch wenn sie vollkommen richtig geschliffen sind, d. h. wenn ihre Flächen mathematisch genaue Kugelabschnitte sind, leiden an zwei Fehlern, deren Beseitigung die Hauptkunst des Optikers ausmacht. Man nennt den einen die kuglige oder sphärische Abweichung, den andern die farbige oder chromatische. Will man den Bau eines Mikroskops verstehen, so ist es unerläßlich, sich eine Vorstellung von diesen Fehlern zu machen. Ich will das Wesentlichste mit wenig Worten hier beisetzen. Läßt man parallel gehende Strahlen auf eine Sammellinse fallen, — ich habe in der umstehenden Figur 311 eine einfach gewölbte gewählt — so werden diejenigen Strahlen a b und a′ b′, welche nahe dem Mittelpunkt der Linse durchgehen, weniger stark gebrochen, als die Strahlen A B und A′ B′,

welche den Rand der Linse passiren. So kommt es, daß die Randstrahlen AB in einem Punkt F zusammentreffen werden, der näher der Oberfläche der Linse liegt, als der Punkt f, in welchem sich die in der Mitte passirenden Strahlen ab schneiden. Dieser Punkt wird



Fig. 311.

der Linse um so näher rücken, je weiter vom Mittelpunkt entfernt die Strahlen durchgehen und es ist klar, daß das Strahlenbüschel, welches ein leuchtender Punkt ausschickt, nicht wieder in Einem Punkt, sondern in einer Reihe hinter einander liegender Punkte sich vereinigt. Denkt man sich nun die wahrnehmende Netzhautfläche nach f, wo die centralen Strahlen sich vereinigen, so werden die Randstrahlen AB, die von demselben Punkt kommen, die Netzhaut einestheils in c, anderntheils in d treffen, es wird also auf der Netzhaut ein leuchtender Punkt nicht wieder zu einem leuchtenden Punkte gemacht, sondern es wird eine kreisförmige Fläche entstehen, deren Durchmesser durch die Linie cd ausgedrückt ist.

Bedenkt man, daß ein Körper für das Auge aus dicht gedrängten leuchtenden Punkten besteht, so werden bei Anwendung einer solchen Linse im Auge die von jenem gebildeten beleuchteten Flecke mit ihren Rändern mannigfach übereinander greifen und die Folge wird sein eine Verschwommenheit des Bildes. Es giebt nun eine Reihe von Mitteln, diesen Uebelstand zu beseitigen, von denen aber eines praktisch nie ausgeführt wird. Dies letztere bestünde nämlich darin, die Linse so zu schleifen, daß ihre Krümmung anstatt überall gleichmäßig zu sein, gegen den Rand hin stetig abnehmen würde, damit die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden als die des Cen-

rums. Die Oberfläche der Linse wäre dann kein Kugelabschnitt, sondern der eines Ellipsoids. Da der Herstellung einer solchen Linse die größten technischen Schwierigkeiten entgegenstehen, so hat man diesen Weg nie betreten.

Ein zweites Mittel, welches sehr leicht anzuwenden ist, aber seine sogleich zu nennenden Uebelstände mit sich führt, besteht darin, nur diejenigen Strahlen zur Herstellung des Bildes zu benützen, welche in der Nähe des Centrums die Linse passiren. Zu diesem Behuf wird der Rand der Linse durch eine sogenannte Blendung bedeckt. Diese Art sich zu helfen beeinträchtigt aber wesentlich die Helligkeit des Bildes. Da jeder leuchtende Punkt seine Lichtstrahlen nach allen Richtungen des Raums aussendet, so wird sein Bild natürlich nie ebenso stark leuchten können, wie er selbst, da man mit einem Instrument oder mit dem Auge eben immer nur einen Theil der auseinander fahrenden Lichtstrahlen sammeln kann. Allein selbstverständlich ist: je weniger Strahlen zur Wiedervereinigung gelangen, um so lichtschwächer wird er erscheinen. Das geschieht nun, wenn man durch eine Blendung die Randstrahlen abhält, denn natürlich kommt dann nur ein Theil der Strahlen, die die Linsenfläche treffen, zur Wahrnehmung. Bei Linsen von großer Brennweite oder, was gleichbedeutend ist, von geringer Vergrößerungskraft liegt an dieser Abschwächung wenig. Allein je kleiner die Brennweite ist, je stärker also die Vergrößerung, desto schwerer fällt diese Abschwächung der Lichtstärke in's Gewicht, da dies ohnehin schon durch die Vergrößerung geschieht — wenn das Licht, welches der Gegenstand besitzt, beispielsweise auf ein 50mal größeres Bild ausgebreitet wird, so ist jeder einzelne Punkt 50mal lichtschwächer.

Aus diesen Gründen hat man schon längst zu den sogenannten Linsenverbindungen seine Zuflucht genommen, und zwar gestützt auf folgendes Verhältniß. Gerade so, wie bei einer gewölbten Sammellinse die Randstrahlen am stärksten gegen die Axe der Linse hin gelenkt werden, so werden umgekehrt bei einer gehöhlten sogenannten Zerstreuungslinse die Randstrahlen am meisten von der Linsenaxe

abgelenkt. Wenn man deshalb eine doppelt gewölbte Sammellinse mit einer solchen Zerstreuungslinse zusammenbringt, in der Weise, wie es die nachstehende Figur 312 zeigt, so wird der Fehler der einen Linse durch den Fehler der andern wieder aufgehoben und alle Strahlen auf einem Punkte vereinigt. Allerdings geschieht dies auf Kosten der vergrößernden Kraft, die auf ungefähr die Hälfte herabgesetzt wird, wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, eine einfach gehöhlte Zerstreuungslinse nimmt. Glücklicherweise besitzt aber die Optik Mittel, die Vergrößerung wieder zu gewinnen, wovon wir unten bei Schilderung des zusammengesetzten Mikroskops ausführlicher handeln wollen.



Fig. 312.

Der zweite Fehler, an dem die einfache Linse leidet, ist die sogenannte chromatische oder farbige Abweichung. Bekanntlich besteht das weiße Licht aus einem Gemisch verschiedenfarbiger Strahlen. Die wundervolle Erfindung der Spectralanalyse hat uns gezeigt, daß jedes Element bei seiner Verbrennung eine bestimmte Farbe giebt. In der Sonne brennen eine Menge der verschiedenartigsten Elemente, und das Resultat dieses Gemisches farbiger Strahlen ist das weiße Licht. Leitet man einen solchen gemischten Lichtstrahl durch einen lichtbrechenden Körper, so werden nicht alle diese verschiedenfarbigen Strahlen gleich stark von ihrer Richtung abgelenkt. Bekanntlich beruht ja darauf die Wirkung des Prismas. Am stärksten werden die violetten Strahlen gebrochen, am schwächsten die rothen. Versinnlichen wir uns dies auf einem Bilde Figur 313. BD seien die schwächer gebrochenen rothen Strahlen, BF die stärker gebrochenen violetten. Die erstern werden sich in D treffen, die andern werden in C ihren Brennpunkt haben. Wenn man deshalb das von einer Linse gelieferte Bild in der Brennweite von D auffängt, so wird das Bild in der Mitte roth sein und gegen den Rand hin alle Farben des Spectrums bis zum Violetten durchlaufen; fängt man es in C auf, so wird in der Mitte Violett vorherrschen und der Saum

des Bildes wird die Farben des Prismas in umgekehrter Ordnung zeigen. Zudem muß eine ähnliche Undeutlichkeit des Bildes entstehen, wie bei der sogenannten kugligen Abweichung, da die Strahlen nicht auf einem Punkt zusammengehen. Die Beseitigung dieses Uebel-

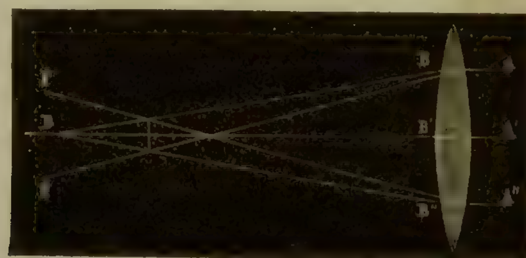


Fig. 313.

standes ist somit eine ebenso wichtige Aufgabe des Optikers, wie die der sphärischen Abweichung. Bei schwachen Vergrößerungen leistet auch hier die Abhaltung der Randstrahlen die gleichen Dienste wie bei der kugligen Abweichung, da in ihnen die Farbenzerstreuung am größten ist, allein völlig beseitigt wird sie auch dadurch noch nicht, und bei stärkeren Vergrößerungen ist die Abhaltung der Randstrahlen wegen Schwächung der Lichtstärke unzulässig. Man hilft sich deshalb auch hier durch eine sogenannte Linsencombination.

Diese geht von folgender Erfahrung aus. Nicht jeder lichtbrechende Stoff zerstreut auch in gleicher Stärke das Licht in seine farbigen Strahlen. So besitzt das bleihaltigere Flintglas im Verhältniß zu seiner Lichtbrechung eine bedeutend größere Zerstreuungskraft als das Kronglas. Wenn man deshalb eine Zerstreuungslinse von Flintglas mit einer gewölbten Linse von Kronglas verbindet (siehe Fig. 312), sowie wir dies bereits bei der sphärischen Abweichung in Figur 311 dargestellt haben, so heben sich die Farbenzerstreuungen gegenseitig auf. Doch leidet die Sache noch an einem Uebelstand. Wenn man nämlich zwei solcher Linsen construirt, bei denen die Farbenzerstreuung aufgehoben ist, so ist die kuglige Abweichung nicht ganz beseitigt und umgekehrt. Man hat deshalb namentlich bei großen Fernröhren angefangen drei Linsen zu combiniren, nämlich zwei doppelt gewölbte Kronglaslinsen haben zwischen sich eine doppelt ge-

höhlte Flintglaslinse. Bei der außerordentlichen Kleinheit der Objectlinsen eines Mikroskops läßt sich jedoch eine solche Combination von drei Linsen technisch außerordentlich schwierig herstellen, und man hat deshalb seit den Zwanziger Jahren für alle stärkeren Vergrößerungen sich in einer andern Weise geholfen. Man bringt nämlich drei Paare von Linsen, sowie es die nachstehende Figur 314 zeigt, übereinander. Von ihnen verlangt man, daß jede für sich frei von sphärischer Aberration ist. Der Rest von chromatischer Abweichung wird nun durch die Entfernung dieser drei Linsen von einander vollkommen beseitigt. Es hängt ja ganz von der Entfernung ab, ob das Bild einen violetten Saum bekommt oder einen rothen. Man hat es also in seiner Gewalt, durch die richtige Entfernung die Spectra so kreuzweis übereinander fallen zu lassen, daß schließlich jede Farbe verschwindet. Eine solche Verbindung von drei Linsenpaaren nennt man einen farblosen (achromatischen) Linsensatz. —



Fig. 314.

V.

Lupe und einfaches Mikroskop.

Aus dem, was ich über die Linsen sagte, geht hervor, daß jede Sammellinse zugleich ein Vergrößerungsglas ist, und in der ersten Zeit waren sämmtliche Vergrößerungsgläser auch nichts Anderes als einfache Linsen mit allen den oben beschriebenen Fehlern. Um stärkere Vergrößerungen zu erreichen, kannte man kein anderes Mittel als das, Linsen mit möglichst starker Krümmung zu verfertigen und schließlich kam man dahin, möglichst kleine Glaskügelchen zu verwen-

den, da das Schleifen von so kleinen Linsen große technische Schwierigkeiten hatte. Es giebt verschiedene Vorschriften, nach denen sich Jeder leicht solche Glaskügelchen anfertigen kann. Im Allgemeinen laufen alle darauf hinaus, daß man aus möglichst reinem Glase vor der Lampe sich einen Faden zieht, und diesen dann in ein Kügelchen aufschmilzt. Bei der Fassung wird ein Stück des Fadens, an dem das Kügelchen sitzt, seitwärts gelegt und zwischen zwei durchlöcherten Metallplättchen eingepreßt. Oder man nimmt ein durchlöchertes Platinblech, legt das Kügelchen, an dem der Faden möglichst kurz abgeschnitten ist, so auf die Oeffnung, daß der Faden nach oben liegt und bringt nun das Ganze wieder vor die Lampe. Das Kügelchen schmilzt jetzt in die Oeffnung ein.

Auf diese Weise kann man sich in kürzester Zeit eine Reihe von Vergrößerungsgläsern verfertigen, die mehrere hundertmal vergrößern. Der Mikroskopiker Harting giebt an, Kügelchen mit über 2000facher Vergrößerung bekommen zu haben. Natürlich hat man es bei der Anfertigung solcher Kügelchen nicht so in der Gewalt, wie bei dem Schleifen der Linsen eine bestimmte Vergrößerungskraft zu erzielen, und ebenso wenig sind sie frei von sphärischer und chromatischer Abweichung. Seit man das zusammengesetzte Mikroskop erfunden hat, sind auch diese starken einfachen Linsen ganz außer Gebrauch gekommen. Erst bei Gelegenheit der Trichinengeschichte hat man wieder solche Glaskügelchen gemacht, um möglichst billige Vergrößerungsgläser herzustellen, allein sie sind nur für ganz wenige Fälle tauglich. Im Allgemeinen bedient man sich einfacher Sammellinsen unter dem technischen Ausdruck Lupen nur für schwache Vergrößerungen, etwa 8—16mal. Es ist jedoch durchaus nicht gleichgiltig, welche Form einer solchen Sammellinse gegeben wird. Die besten sind die in Figur 315 a und b dargestellten. Die erste ist die Lupe von Brewster, die zweite gebräuchlichere die von Coddington. Beide sind, wie die Abbildung zeigt, gewissermaßen ein aus einer Glaskugel herausgeschnittener Cy-



Fig. 315.

linder und unterscheiden sich nur dadurch, daß Brewster denselben mit einer breiten kreisförmigen Furche rundum einschneidet, während Coddington mit einem einfachen Kreissägeschnitt den Cylinder in seiner Mitte tief einsägt. Es geschieht dies, um die Randstrahlen abzuhalten. Diese Lupen geben ein außerordentlich scharfes und klares Bild, nur haben sie den Fehler, daß man die Linse sehr nahe an den zu betrachtenden Gegenstand bringen muß, da ihr Brennpunkt nur um den vierten Theil des Kugeldurchmessers von ihrer untern Fläche absteht. Noch mehr gilt dies von den in Deutschland angefertigten Cylinderlupen mit Flächen von ungleicher Krümmung: die gewölbtere wird dem Auge zugekehrt, die flächere muß hier den Gegenstand sogar berühren. Man ist deshalb für die Fälle, wo ein größerer Abstand der Lupe von dem Gegenstand wünschenswerth ist (wenn man Präparationen mit demselben vorzunehmen hat), auch für die Lupe übergegangen zu der Linsencombination. Plößl in Wien fertigt solche an, indem er zwei einfach gewölbte achromatische Doppellinsen von dem Bau, wie es oben in Figur 312 dargestellt ist, nach Art einer Doppellorgnette faßt, so daß man sie nach Belieben einzeln oder beide zusammen gebrauchen kann. Nimmt man sie einzeln, so ist es nicht gleichgiltig, ob man die ebene Seite der Linse oder die gewölbte dem Gegenstand zuwendet; nimmt man die letztere, so giebt nur ein kleiner Theil in der Mitte des Gesichtsfelds ein deutliches Bild, die Ränder dagegen sind stark verzerrt. Doch kann man, ohne die Lage der Lupe zu verrücken, durch schiefes Einblicken den deutlichen Theil des Bildes ausdehnen. Wenn man also die ganzen Umrisse eines Gegenstandes beurtheilen will, so thut man besser, dem Gegenstand die ebene Seite zuzuwenden, weil dann die Verzerrung der Randtheile des Bildes eine weit geringere ist. Doch ist zu bemerken, daß man bei dieser Stellung der Lupe nicht schief durchsehen darf.

Hat man Präparationen unter der Lupe vorzunehmen, so empfiehlt sich dieselbe in einer Fassung zu haben, welche den freien Gebrauch beider Hände ermöglicht. Das Zweckmäßigste ist, auf den

Präparirtisch einen beweglichen Arm festzuschrauben, der an seinem freien Ende einen Ring zum Einsetzen der Lupe trägt.

Im Allgemeinen kann man sagen, daß kurzsichtige Leute den Gebrauch der Lupen weit weniger nothwendig haben als fernsichtige, denen sie geradezu unentbehrlich sind. Brücke hat für Fernsichtige eigens eine Stativlupe construirt, die man bei dem großen Abstand, den sie dem Auge erlaubt, gewissermaßen ein Fernglas in die Nähe nennen könnte. Für Kurzsichtige ist jedoch dieses Instrument vollkommen entbehrlich.

Weiter möchte ich bei der Lupe nur noch den Leser vor dem Ankauf der gewöhnlichen Lupen warnen, die aus zwei oder drei nach Lorgnettenart gefaßten einfachen doppelt gewölbten Linsen bestehen, zwischen denen ein Blendenring beweglich ist. Sie sind allerdings billig, allein leiden bei einigermaßen starker Vergrößerung so sehr an farbiger, namentlich aber an kugliger Abweichung, daß nur ein ganz kleiner Theil in der Mitte des Bildes die Verhältnisse richtig wiedergiebt.

Von einfachen Vergrößerungsgläsern haben wir nun nur noch das sogenannte einfache Mikroskop zu erwähnen. Es ist dies nichts Anderes als ein Satz von zwei oder drei achromatischen Linsen ähnlich gefaßt, wie die Objectivlinsen eines Mikroskops. Die Optiker nennen eine solche Fassung Dublet oder Triplet, je nachdem sie aus zwei oder drei Linsen bestehen. Figur 316 zeigt ein solches Dublet, wie es der Franzose Chevalier construirte.

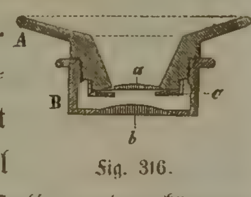


Fig. 316.

Diese optischen Apparate werden an ein Mikroskopstativ von geringeren Dimensionen nebst einem Objecttisch und einem Beleuchtungsspiegel so angebracht, daß sie mit Schraubenbewegung verstellt werden können. Es ist dies deshalb nöthig, weil mit der stärkeren Vergrößerung, die diese Instrumente vor den gewöhnlichen Lupen auszeichnet, ein weit genaueres Festhalten des gegebenen Abstands von dem zu betrachtenden Gegenstand erforderlich ist, und dieses läßt sich nur mittelst Stativ erreichen. Die einfachen Mikroskope werden dann praktisch

verwendet, wenn bei Präparationen die Vergrößerung einer Lupe zu gering ist. Das zusammengesetzte Mikroskop erfordert nämlich für solche Präparationen eine weit größere Uebung, weil, wie wir später sehen werden, die Bilder, die es liefert, verkehrt sind. Allein wer sich gehörig eingeschult hat, kann das einfache Mikroskop auch für diese Fälle entbehren und wer die Kosten nicht scheut, erreicht die Geradstellung des Bildes auch durch das später zu erwähnende bildumkehrende zusammengesetzte Mikroskop.

Zum Schluß erwähne ich noch der Verwendung der Edelsteine als Vergrößerungsgläser. Wie ich schon gelegentlich der Lichtbrechung sagte, besitzen die Edelsteine eine viel höhere Brechungszahl als Glas. Ihr Brennpunkt liegt also bei gleicher Krümmung der Linse viel näher, als wenn sie von Glas ist: sie wird bei gleicher Krümmung stärker vergrößern. Wenn z. B. die Brennweite beider $\frac{1}{80}$ Zoll ist, so wird die Diamantlinse 2133 mal, die Glaslinse nur 800 mal vergrößern. Der Unterschied beträgt somit nahezu das Dreifache. Der Vortheil, der hieraus erwächst, besteht darin, daß die kuglige Abweichung sowohl als die farbige nur abhängt von der Krümmung der Linse, sie ist also bei einer Diamantlinse dreimal geringer, als bei einer Glaslinse von gleicher Vergrößerungskraft und da auch die Farbenzerstreuung beim Diamant nicht größer ist als beim Glase, so ist auch die farbige Abweichung bei gleicher Vergrößerungskraft dreimal geringer.

Am besten eignen sich unter den Edelsteinen zur Linsenverfertigung die einfach brechenden, Diamant, Granat und Spinell, die doppelt brechenden, wie Saphir, Zirkon und Topas, deshalb weniger, weil sie so geschliffen werden müssen, daß die Axe der Linse genau zusammenfällt mit der Axe der doppelten Brechung, und dies ist schwierig auszuführen.

Wenn wir das zusammengesetzte Mikroskop nicht erfunden hätten, dann wären die Edelsteinlinsen für uns von hohem Werthe, sobald es sich um Gewinnung einer stärkeren Vergrößerung handelt, allein dem gegenüber sind sie nicht viel mehr als eine kostbare Spielerei,

von der die Wissenschaft allerdings den Nutzen zog, daß man bei dieser Gelegenheit die Lichtbrechungsverhältnisse der Edelsteine genauer untersuchte. —

VI.

Das Linsenbild.

Jeder meiner Leser hat gewiß schon bei Tische sitzend die Bemerkung gemacht, daß man bei gewissen Stellungen durch den Bauch einer Wasserflasche die Dinge verkehrt sieht. Alle Sammellinsen — und der Bauch einer Wasserflasche ist auch eine solche, da er von gewölbten Flächen begrenzt ist — haben diese Eigenschaft in gewissen Stellungen ein umgekehrtes Bild von den Gegenständen zu entwerfen, die hinter ihnen sind. Ich kann es dem Leser nicht erlassen, noch eine optische Auseinandersetzung darüber hinzunehmen, da sonst das zusammengesetzte Mikroskop nicht zu verstehen ist.

Wir haben bei der Lichtbrechung, wie sie durch Sammellinsen stattfindet, gesehen, daß ein leuchtender Gegenstand, der sich im Brennpunkt desselben befindet, parallel gehende Strahlen aus der hintern Oberfläche der Linse hervorgehen läßt (siehe oben Fig. 307 und 308). Wir haben weiter gesehen, daß wenn man den leuchtenden Punkt diesseits des Brennpunkts der Linse näher rückte, die Strahlen divergirend auseinanderfahren (siehe oben Fig. 310). Thun wir das Umgekehrte und rücken den lichtgebenden Körper aus dem Brennpunkt heraus weiter weg von der Linse, so werden die Strahlen auch das Umgekehrte thun, nämlich zu convergiren und sich in einem hinter der Linse liegenden Punkt zu vereinigen (siehe Fig. 317). Es giebt dies natürlich dann wieder einen leuchtenden Punkt an der Vereinigungsstelle der Strahlen. Denke sich der Leser, daß jeder Körper aus einer Anzahl, vom optischen Standpunkte aus, neben einander

liegender leuchtender Punkte besteht, so wird eine Sammellinse, wenn sie die von jedem dieser Punkte ausgehenden Strahlen an ihrer entgegengesetzten Seite wieder in einem Punkt vereinigt, ein vollkommenes

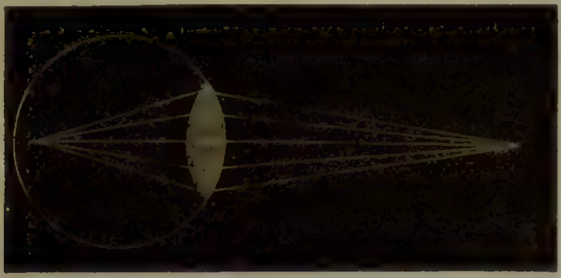


Fig. 317.

Bild des Gegenstandes in die Luft werfen, in dem wieder leuchtender Punkt neben leuchtendem Punkte liegt. Allein dieses Bild wird sowohl nach oben und unten als nach rechts und links gerade verkehrt sein. Ein Blick auf die nachstehende Figur 318 macht dies

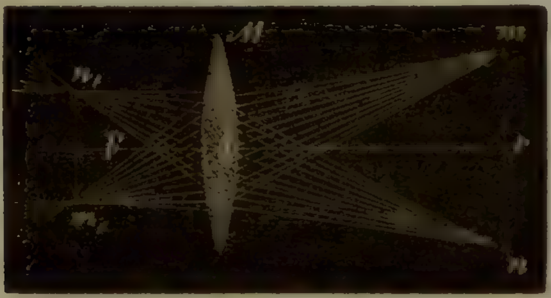


Fig. 318.

sofort deutlich. Der Punkt, der in der Verlängerung der Linsenaxe liegt, wirft sein Bild in der Verlängerung dieser Linse nach r. Rückt man diesen Punkt nach m, so liegt das Bild von diesem in der Verlängerung einer Linie, die durch den Mittelpunkt der Linse geht, also in m und mithin ist, während wir den leuchtenden Punkt abwärts rückten, sein Bild von der Axe nach aufwärts gegangen.

Es ist noch ein Punkt, den wir beim Zustandekommen des Bildes in's Auge fassen müssen. Da der Winkel, den der einfallende und der ausfallende Strahl mit einander bilden, an dem

gleichen Punkt der Linse immer gleich groß ist, so wird mit der Entfernung des Körpers vom Brennpunkt das erzeugte Bild der hinteren Oberfläche der Linse näher rücken. Es hat dies die Folge, daß das Bild, welches eine Linse von einem ebenen Gegenstand liefert, gewölbt ist. Denn da der Punkt m', der dem Rande des Körpers angehört, weiter vom Mittelpunkt der Linse abliegt als der Punkt, der der Mitte des Gegenstandes angehört, so wird der Vereinigungspunkt m der Linse näher liegen als der Vereinigungspunkt r. Wir werden später auf dieses Verhältniß zurückkommen, da die Wölbung des Bildes in einem guten Mikroskop beseitigt sein muß.

Es ist nun klar, daß man auf diese Weise ebenso zu einer Vergrößerung eines Gegenstandes gelangen muß, wie auf dem früher beschriebenen Wege. Denken wir uns eine doppelt gewölbte Linse, deren Brennpunkt also der Mittelpunkt des Kreises ist und legen auf ihre eine Seite einen leuchtenden Körper in einem Abstand, der doppelt so groß ist, mit andern Worten, dem Durchmesser des Kreises entspricht (siehe Fig. 319), so wird der Vereinigungspunkt der von

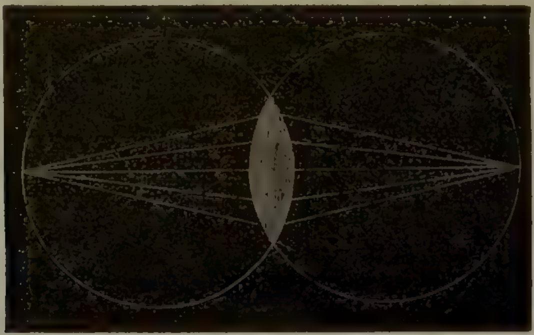


Fig. 319.

ihm ausgehenden Strahlen auf der andern Seite der Linse gerade so weit entfernt liegen, wie der leuchtende Punkt von der andern, nämlich um den Durchmesser des Krümmungskreises. In diesem Fall ist natürlich das Bild gerade so groß wie der Gegenstand. In allen Stellungen des leuchtenden Punktes, die zwischen dem Brennpunkt und dem Durchmesser des Krümmungskreises liegen,

wird das Bild größer sein als der Körper, von dem es entworfen wird, und zwar um so größer, je näher er dem Brennpunkte liegt.

Ehe ich in meiner Auseinandersetzung weiter fortfahre, will ich dem Leser ein ganz einfaches Mittel angeben, wie er sich all das, was ich über die Strahlenbrechung der Linsen und ihre bildherstellende Eigenschaft gesagt habe, klar machen kann. Er nehme eine einfache doppelt gewölbte Linse und betrachte durch sie z. B. eine Druckschrift, während er sein Auge unbeweglich hält, die Linse aber der Schrift bald nähert, bald von ihr entfernt. Da wird er all das in der Aufeinanderfolge sehen können, was ich ihm bisher beschrieb. Bei gewisser Stellung sieht er die Schrift aufrecht vergrößert, sie wird immer größer, je weiter er die Linse entfernt, bis sie auf einmal verschwindet, so daß er nichts mehr sieht als ein Gewirr von Lichtstrahlen. Rückt er noch weiter ab, so erscheint schließlich die Schrift wieder und zwar in colossalen Dimensionen, aber umgekehrt. Bei noch weiterer Entfernung werden die Buchstaben wieder kleiner, ohne aber ihre umgekehrte Stellung aufzugeben. Vergleicht er die Schrift in dem Zustand, wo er sie aufrecht stehend hat, mit dem, wenn sie umgekehrt erscheint, so wird er den Eindruck haben, als stünde sie im letzten Fall gar nicht mehr im Buche, sondern befände sich diesseits der Linse seinem Auge weit näher. Dies ist auch in der That der Fall. Er sieht nicht mehr die Schrift, sondern ihr Luftbild, das diesseits der Linse liegt. Wir können dieses Luftbild auffangen, wenn wir an die Stelle, wo es im Raume liegt, eine matt geschliffene Glastafel bringen, und praktischen Gebrauch davon machen wir bei der Photographie.

Aus dem Obigen ist Folgendes klar: Wenn man mittelst einer Linse ein vergrößertes Luftbild diesseits derselben entwerfen will, so muß der Abstand der Linse vom letzteren ein größerer sein, als wenn man denselben aufrecht in der Weise wie bei der Lupe vergrößert sehen will. Im ersteren Fall muß er jenseits des Brennpunktes stehen, im letzteren diesseits. Dies ist ein wesentlicher Vorzug des Bildmikroskops, denn je größer dieser Abstand sein kann, um so leichter

sind alle Manipulationen mit dem zu betrachtenden Gegenstand. Ein zweiter Vortheil ist, daß auch das Auge in einen passenden Abstand von der Linse gebracht werden muß, wenn es das Bild auffangen soll. Denn die große Zusammendrängung von Auge, Linse und Gegenstand, wie sie bei starken Lupen und einfachen Mikroskopen nothwendig ist, erschwert bei undurchsichtigen Körpern die Beleuchtung, beengt alle Manipulation und strengt das Auge gewaltig an. Indessen giebt eine Linse bei gleichen Krümmungen, wenn man sie zur Herstellung eines Bildes benützt, stärkere Vergrößerungen, als wenn man sie wie eine Lupe gebraucht. Man kann deshalb wohl sagen, daß die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops oder des sogenannten dioptrischen Mikroskops durch Hans und Zacharias Jansen ein entscheidender Wendepunkt in der Geschichte des Vergrößerungsglases war. Wir werden es in den folgenden Capiteln in seinen optischen und mechanischen Bestandtheilen genauer betrachten.

VII.

Das zusammengesetzte Mikroskop.

Wenn der Leser ein zusammengesetztes Mikroskop zur Hand nimmt, so wird er finden, daß die Gläser, auf denen seine optische Leistung beruht, zu zwei Körpern zusammengefaßt sind, von denen der eine im oberen Theil der Röhre steckt, der andere an sein unteres Ende angeschraubt wird. Den ersteren Körper nennt man Ocular oder Augglas, weil er dem Auge zugewandt ist, den letzteren Objectiv oder Sachglas, weil er der zu betrachtenden Sache, dem Object, zugekehrt wird.

Das Sachglas ist entweder eine einfache achromatische Linse oder eine Combination von zwei oder drei solchen, die so gebraucht werden, daß sie ein umgekehrtes Bild in die Röhre des Mikroskops

werfen, so wie ich dies im vorigen Capitel beschrieb. Das Augglas ist nichts Anderes als eine Lupe, mit der wir dieses Bild betrachten und zwar, so wie es mit jeder Lupe geschieht, in aufrechter Stellung. Es wird also beim Mikroskop von beiden Vergrößerungsweisen einer Linse Gebrauch gemacht. Bei dem Sachglas von der indirecten durch Herstellung eines vergrößerten Luftbildes, bei dem Sachglas von der directen, wie sie zu Stande kommt, wenn der betrachtende Gegenstand diesseits des Brennpunktes liegt. In seiner einfachsten Form braucht also ein Mikroskop nur zwei Linsen, eine Objectivlinse und eine Auglinse. Will man aber die Leistung eines Mikroskops verstärken, so wendet man am Sachglas, anstatt Linsen von stärkerer Krümmung zu nehmen, so wie ich es schon früher beschrieb, Linsencombinationen, Dublets oder Triplets an. Auch am Augglas ist, wenn seine Leistung eine entsprechende sein sollte, die Zugabe einer weiteren Linse nöthig.

Eine einfache Linse hat nämlich den Nachtheil, den ich schon oben bei der Lupe beschrieb, daß man nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil des vergrößerten Bildes dadurch sieht und andererseits bedarf das von dem Sachglas entworfene Bild einer Correction. Ich will dies dem Leser kurz verständlich zu machen suchen. Das Bild, welches das Sachglas entwirft, ist für das Augglas gerade so wie ein Gegenstand. Als ich von den natürlichen Fehlern der Linse sprach, habe ich gezeigt, daß bei einer einfachen Linse jeder leuchtende Punkt an den Rändern einen Lichtschimmer erhält (kuglige Abweichung) und außerdem mit Farbensaum versehen ist (farbige Abweichung). Dasselbe trifft nun auch zu, wenn man mit einem einfachen Augglas ein vom Objectiv entworfenes Bild betrachtet. Diesem Uebelstand kann man nun theilweise dadurch abhelfen, daß man durch einen entsprechenden Bau des Sachglases nicht ein fehlerfreies Bild in die Mikroskopröhre wirft, sondern ein solches, das mit entgegengesetzten Fehlern behaftet ist, als die sind, welche bei der Betrachtung mit einer einfachen Lupe entstehen. Man nennt ein solches Bild übercorrigirt und wenn dies nun vor eine einfache Linse

gebracht wird, die also gar nicht corrigirt oder, wie der Optiker sich ausdrückt, untercorrigirt ist, so heben sich die Fehler gegenseitig auf. Diese gegenseitige Corrigirung der Fehler wird durch die Einfügung einer sogenannten Sammellinse bedeutend erleichtert und zwar einfach in folgender Weise: Die Sammellinse, die ungefähr eine 3 mal so große Brennweite und 3 mal so große Breite besitzt als die Auglinse, wird in der Mikroskopröhre so angebracht, daß sie zwischen das Sachglas und das von ihm erzeugte Bild zu liegen kommt (siehe Fig. 320). Sie fängt die zur Herstellung des Bildes bestimmten Strahlen auf, bricht sie und zwingt sie so, ein Bild herzustellen, welches etwas kleiner ist, als es ohne das geschehen würde. Wenn die Sammellinse fehlte, so würde das von dem Objectiv O (siehe Fig. 320) gelieferte Bild in der Lage und Ausdehnung von bb hergestellt. Die Sammellinse ff macht, daß das Bild in der Lage und Ausdehnung von BB entsteht. Dies hat zunächst den Vortheil, daß wir einen größeren Theil vom Bild übersehen und einfach deshalb, weil es kleiner ist. Dadurch wird zwar die Vergrößerung beeinträchtigt, allein die Deutlichkeit bleibt die gleiche. Das kleinere Bild verhält sich zum größeren wie eine Druckschrift zu Fracturbuchstaben. Der weitere Vortheil besteht aber darin, daß man durch eine höhere oder tiefere Einstellung dieser Sammellinse das Bild genau um so viel übercorrigiren kann, als dem Betrag der Untercorrection des Augglases entspricht.

Ein weiterer Vortheil der Sammellinse ist die sogenannte Ebnung des Sehfeldes. Ich habe nämlich bereits oben gesagt, daß das Bild, welches eine Linse von einer ebenen Fläche entwirft, gewölbt ist, wegen des ungleichen Abstands der einzelnen Punkte des Centrums der Linse. Das Bild hat also im Durchschnitt die Wölbung von bb (Fig. 320) nach aufwärts gegen das Augglas. Dies ist natürlich die allerungünstigste Stellung, da der Unterschied in den Abständen der einzelnen Punkte von der Auglinse noch größer ist, als wenn das Bild eben wäre. Durch die Sammellinse wird nun die Wölbung des Bildes in die gerade umgekehrte verwandelt (BB) und so fast

alle Theile des Bildes in gleichen Abstand vom Mittelpunkt der Auglinse gebracht.

Aus dem oben Gesagten wird sich der Leser in der Hauptsache den Gang der Lichtstrahlen in einem zusammengesetzten Mikroskop vorstellen können. Es wäre über den optischen Theil blos noch zu erwähnen, daß die Länge der Mikroskopröhre von Einfluß ist auf die Größe des vom Objectiv entworfenen Bildes. Je länger diese, um so entfernter also der Punkt ist, wo das Bild vom Ocular aufgefaßt wird, desto größer muß das Bild sein und man hat deshalb auch ausziehbare Röhren verfertigt, um eine stärkere Vergrößerung zu erzielen, doch ist damit wenig gewonnen, da das Bild wohl größer wird, aber an Reichthum des Details nichts gewinnt.



Fig. 320.

Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit am schicklichsten der sogenannten **Bildermikroskope** (Sonnenmikroskope, Glasmikroskope). Diese Apparate unterscheiden sich durch die Abwesenheit des Augglases von den andern. Das von dem Sachglas entworfene Bild wird von einem in großer Entfernung angebrachten Schirm aufgefangen. Diese Methode hat den großen Vorzug, daß man das mikroskopische Bild gleichzeitig einer großen Anzahl von Beschauern vorführen kann. Allein mit der Größe des Bildes wachsen alle die Fehler in kugliger und farbiger Abweichung, die ja nie ganz vollkommen zu beseitigen sind, und deshalb sind die Bilder verschwommen. Da ferner mit der Größe des Bildes die Lichtstärke abnimmt, so ist man selbst bei Anwendung von directem Sonnenlicht nicht im Stande, nur irgend wie stärkere Vergrößerungen zu wählen und noch weniger ist dies natürlich möglich bei der Verwendung des

Knallglaslichtes oder Kalklichtes. Die Leute, welche mit solchen Mikroskopen öffentliche Demonstrationen geben, täuschen deshalb oft das Publicum in nicht zu rechtfertigender Weise. So sah ich eine der halbzolllangen Florfliegenlarven und liniengroße Flohkrebse, Dinge, die jeder mit bloßem Auge prächtig wahrnimmt, als Infusorien zeigen. In Bezug auf den Mangel des Oculars stimmt das photographische Mikroskop mit dem Sonnenmikroskop überein. Das vom Sachglas entworfene Bild wird direct auf die Collodiumschicht der Glastafel geworfen.

In neuerer Zeit werden namentlich in England und Frankreich Mikroskope gebaut, um entweder mit beiden Augen sehen zu können oder so, daß mehrere Personen gleichzeitig denselben Gegenstand betrachten können. In Fig. 321 ist ein solches von Nachet in Paris abgebildet. Es sind hier an einem einzigen Sachglas 2 Mikroskopröhren und 2 Auggläser angebracht und durch ein über dem Sachglas an der Theilungsstelle liegendes System von 3 Prismen werden die vom Objectiv geworfenen Strahlenbündel in zwei gespalten. Die umstehende Figur 322 giebt einen Durchschnitt durch eine solche Prismenverbindung. Die Linien zeigen den Gang der Lichtstrahlen an. Der Vortheil dieser Mikroskope, das Bild stereoskopisch, also plastisch zu sehen oder einer zweiten Person den gleichzeitigen Einblick zu gestatten, hat unter Umständen seine Bedeutung, z. B. bei Demonstrationen, aber für eigne Untersuchungen sind diese ohnedem theuren Instrumente den einröhrigen überall nachzustellen.*)

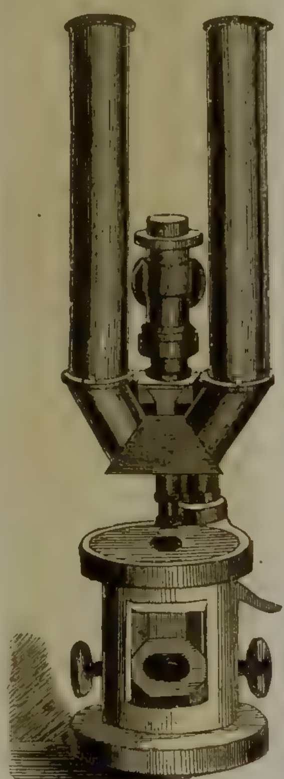


Fig. 321.

*) Neuerdings hat man in England die in Figur 322 abgebildete Linsencombination durch eine einzige Linse ersetzt und so Mikroskope hergestellt, die man durch einfaches Vor- und Zurückschieben der Linse monoculär und binoculär gebrauchen kann. Dadurch ist ihre Verwendbarkeit außerordentlich erhöht worden.

Von weiteren optischen Vorrichtungen ist noch das **bildumkehrende Ocular** zu erwähnen. Man hat hierzu verschiedene Methoden gewählt. Am häufigsten wird jetzt die Umkehrung des

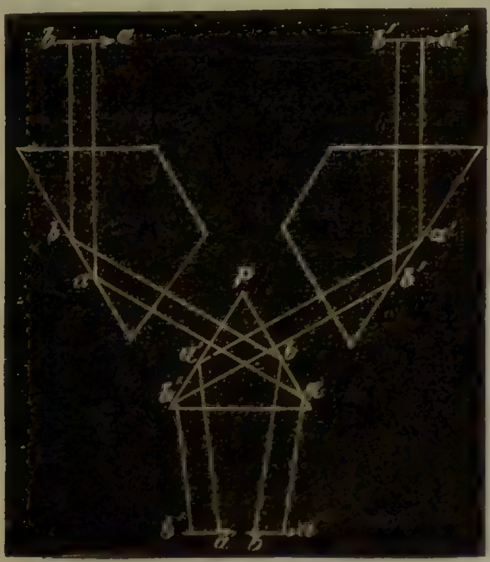


Fig. 322.

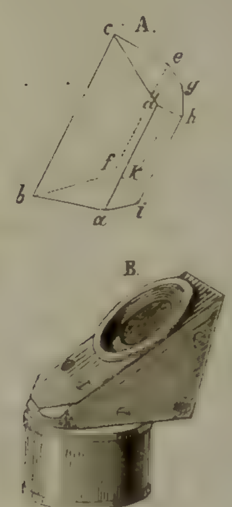


Fig. 323.

Mikroskopbildes durch ein Prisma von eigenthümlicher Construction zu Stande gebracht, das man auf das Ocular beliebig auflegen und wegnehmen kann. Eine Abbildung davon giebt Figur 323. **A** ist das Prisma, **B** ist dasselbe in seiner Fassung.

VIII.

Mechanik des Mikroskops.

Eine ausführliche Beschreibung des mechanischen Theils der Mikroskope zu liefern, kann nicht Gegenstand der vorliegenden Zeilen sein, da hierin weniger die Zweckmäßigkeit als der Geschmack und Rücksichtnahme auf Preis und Transportfähigkeit eine große Mannig-

faltigkeit erzeugt hat. Ich will nur so viel von all dem hier beisetzen, was für einen Anfänger, der keine mündliche Unterweisung empfängt, wünschenswerth sein kann.

Die Mechanik hat zunächst die Aufgabe, eine sichere und bequeme Einstellung der Mikroskopröhre auf den Gegenstand zu ermöglichen. Man versteht darunter, beide in die richtige Entfernung von einander zu bringen und in dieser festzuhalten. Der Theil des Instrumentes, auf den man den zu betrachtenden Gegenstand legt und Objecttisch nennt, ist deshalb bei einem Theil der Mikroskope durch Trieb- oder Schraubenwirkung beweglich, bei den andern steht der Objecttisch fest und der bewegliche Theil ist die Mikroskopröhre. Die letztere Einrichtung ist vorzuziehen, da im andern Fall der Objectivtisch leicht wackelig wird, was bei Präparationen außerordentlich störend wirkt. Aus diesem Grund werden auch jetzt die meisten Objecttische feststehend gemacht.

Die größeren Mikroskope mit starken Linsensystemen haben zweierlei Vorrichtungen zur Einstellung, nämlich eine Mikrometerschraube zur feinern, während zur gröberen entweder ein Triebwerk verwendet wird, oder die ganze Mikroskopröhre in einer federnden Hülse so locker steckt, daß sie mit der Hand verschoben werden kann. Bei dem in Fig. 324 abgebildeten großen Mikroskop von Plößl ist b die Mikrometerschraube, c der Trieb.

Am Objecttisch können eine Reihe von Vorrichtungen angebracht werden, die sich theils auf die Beleuchtung, theils auf die Bewegung des Gegenstands beziehen. Was an keinem fehlen darf, sind die Blendungsvorrichtungen. Entweder ist es eine Scheibe, die im Kreis gestellt eine Reihe verschieden großer Oeffnungen besitzt und so liegt, daß durch Drehung abwechselnd die eine oder andere unter das Sehfeld gebracht werden kann. Zweckmäßiger sind die sogenannten Cylinderblendungen, wie z. B. das Plößl'sche Mikroskop (Fig. 324 g) sie besitzt. Hier ist die Blendung durch Hebelvorrichtung versenkbar und dies gestattet die Betrachtung eines Gegenstandes, während man die Beleuchtungsstärke verändert. Zudem bietet die Cylinderblendung

einen passenden Einsatz für den unten zu beschreibenden Polarisations-apparat.

Bei vielen, namentlich den englischen Mikroskopen, besitzt der Objecttisch einen Aufsatz von zwei Platten, von denen die eine durch Schraubenbewegung zwischen rechts und links, die andere zwischen vorn und hinten verschoben werden kann. Ein solcher sogenannter beweglicher Objecttisch kommt einem Anfänger sehr zu Statten, da die Verschiebung des Gegenstandes eine sichere und stetige wird. Allein diese Sicherheit gewinnt auch in Bälde die freie Hand und dann ist dieser Apparat nicht nur überflüssig, sondern sogar hinderlich.

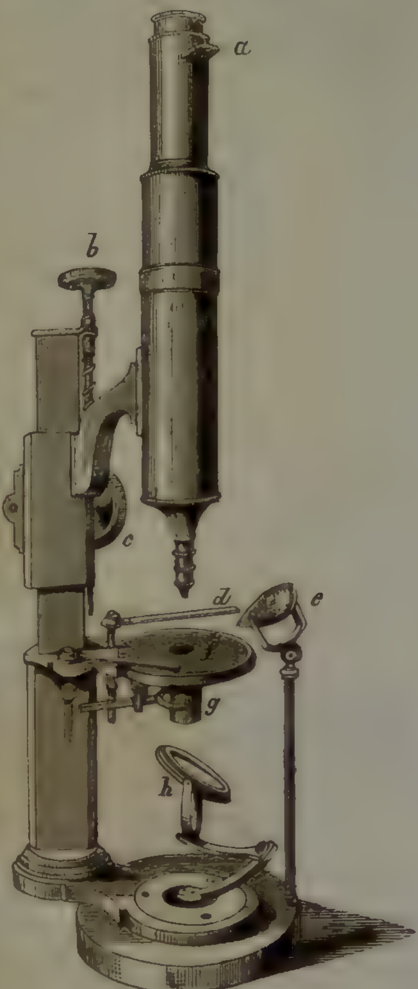


Fig. 324.

Eine vielfache Anwendung können die federnden Klammern finden, die unter Anderem auch das Plößl'sche Mikroskop (siehe Fig. 324 d) besitzt. Einmal gestatten sie die Festhaltung des Objectträgers bei Präparationen. Dann können sie manchmal eine wesentliche Unterstützung sein, wenn man größere Gegenstände (lebendige Thiere 2c.) auflegen will. Endlich geben sie auch beim Präpariren der Hand eine Unterstützung. Immerhin aber müssen sie entfernbar sein, damit man das Mikroskop alles dessen entkleiden kann, was man nicht braucht.

Ueber den Mikrometer, der ebenfalls am Objecttisch angebracht wird, werden wir später reden.

Für die Beleuchtung der Gegenstände muß jedes Mikroskop zweierlei Vorrichtungen haben.

Für das durchfallende Licht dient der unter dem Objecttisch angebrachte Spiegel. Von ihm verlangt man eine möglichst freie Bewegung, so daß man namentlich auch das Licht seitwärts einfallen lassen kann. In dieser Beziehung ist die Einrichtung der Plößl'schen Mikroskope (siehe Fig. 324 e) die beste, während bei manchen Instrumenten die Spiegelbewegung außerordentlich gehemmt ist. Für

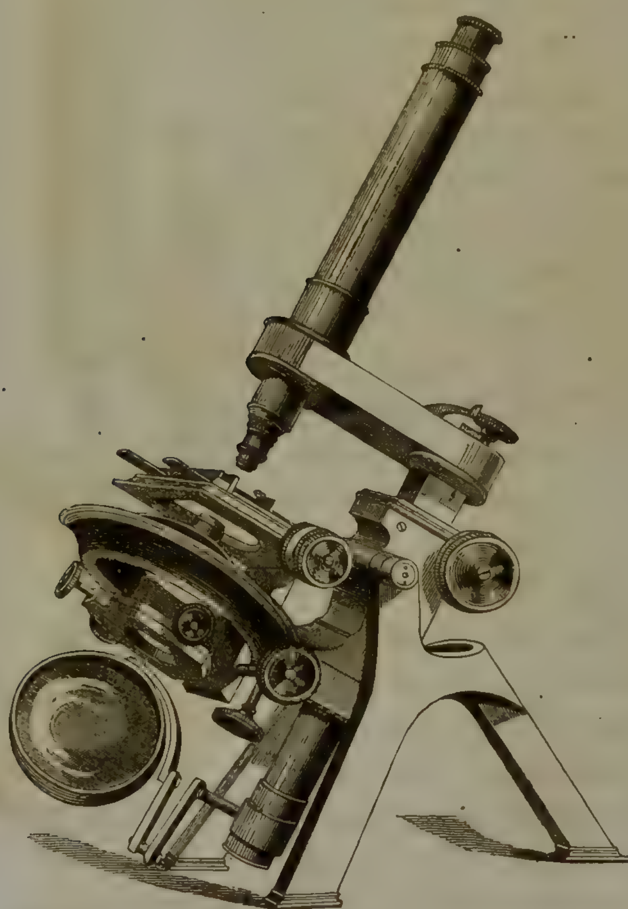


Fig. 325.

die Beleuchtung von oben ist das Prisma von Selligue eine der passendsten Vorrichtungen. Bei dem Plößl'schen Mikroskope (siehe Fig. 324 e) wird es in eine Oeffnung des Fußgestelles eingesteckt und besitzt dreifache Beweglichkeit.

Die größte Mannigfaltigkeit herrscht unter den Fußgestellen.

Das Plößl'sche ist so eingerichtet, daß Mikroskopröhre sammt Objecttisch um den feststehenden Beleuchtungsapparat gedreht werden können. Andre Fabrikanten erreichen diese wünschenswerthe Bewegung dadurch, daß bei ihnen der Objecttisch drehbar ist, während Röhre und Beleuchtungsapparat feststehen. Von andern Abweichungen ist nur die zu erwähnen, die gestattet, das Mikroskop sammt allem Zubehör schief oder wagerecht zu stellen. Die englischen Mikroskope (siehe Fig. 325) zeigen meistens diese Vorrichtung. Unter Anderm ist dies von wesentlichem Werth, wenn man in einem Aquarium beobachten will. Wer ein Mikroskop mit

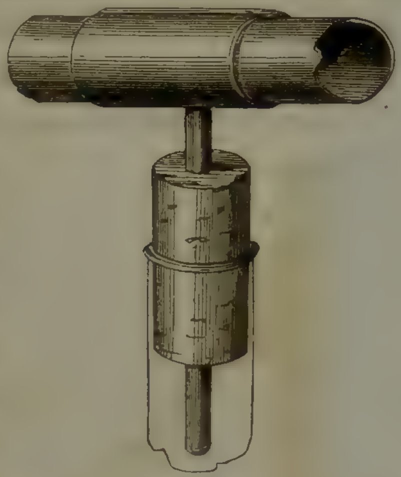


Fig. 326.

ausziehbarer Röhre besitzt, kann sich jedoch leicht zu einer horizontalen Stellung verhelfen. Ich ließ mir zu diesem Zweck eine federnde Hülse

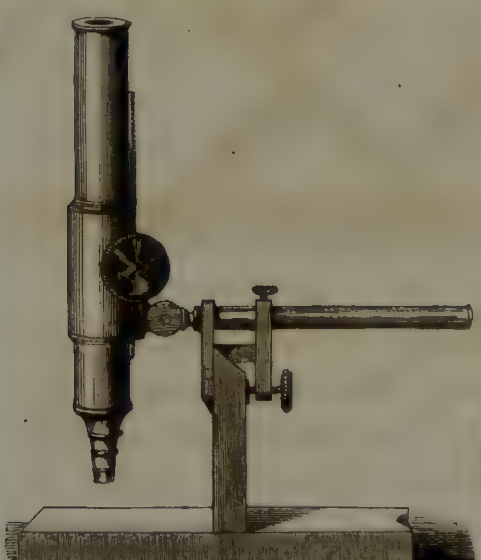


Fig. 327.



Fig. 328.

(Fig. 326) mit einem rechtwinklig aufgesetzten runden Stab anfertigen und steckte einen durchbohrten Korkstöpsel in die Stativröhre. In der Oeffnung des Korkes läßt sich der Stab der Hülse

frei verschieben. Ich hatte so für die grobe Einstellung eine senkrechte, eine wagerechte und eine rotirende Bewegung und da man hierbei ohnedies nur schwache Vergrößerungen annehmen kann, so reicht man vollkommen damit aus. Eine solche federnde Hülse sammt Handgriff kostet ungefähr einen Thaler.

Der Originalität wegen setze ich die Abbildung eines englischen

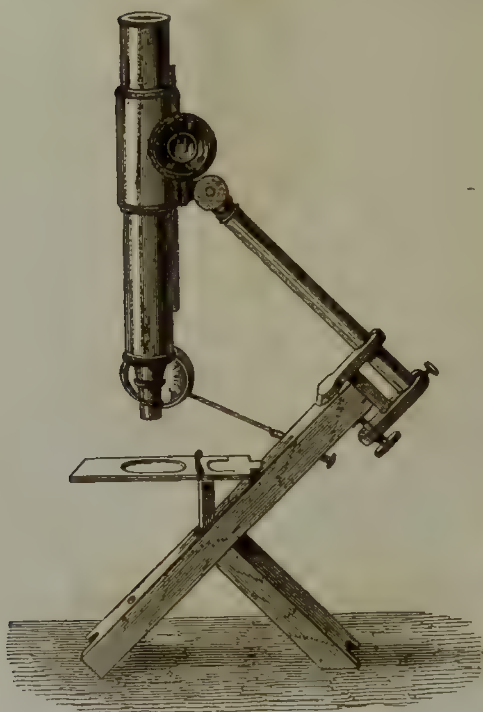


Fig. 329.



Fig. 330.

Mikroskops hier bei, des sogenannten Universalmikroskops von Warrington, das sich in vier Situationen gebrauchen läßt. Figur 328 zeigt es als horizontales Aquariummikroskop am Tische befestigt, Figur 327 um Präparationen in größeren Gefäßen vorzunehmen, Figur 330 in Schiefstellung mit Beleuchtungsapparaten und endlich Figur 329 in senkrechter Stellung.

IX.

Prüfung des Mikroskops.

Ich bin überzeugt, manchem meiner Leser einen Dienst zu erweisen, wenn ich ihm die einfachsten und bequemsten Methoden angebe, nach welchen er den Werth seines Instrumentes prüfen kann. Es ist selbstverständlich, daß die großen Mikroskope berühmter Geschäftsfirmen eben dadurch ihren Ruf erlangten, daß ihre Vergrößerungsgläser möglichst frei von Fehlern und von möglichst hoher Leistung sind. Wer sich ein Mikroskop anschaffen will, um wissenschaftlichen Untersuchungen nachzuhängen, der wird sich auch immer an solche bekanntere Fabriken halten, die ich nachher kurz anführen will. Es werden jedoch von Händlern eine große Menge von Mikroskopen in Umlauf gesetzt, die durchschnittlich leichtere Fabrikswaare sind, allein eben durch ihre billigeren Preise sich doch eines ausgedehnten Absatzes erfreuen, und ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, daß die Mehrzahl meiner Leser, welche überhaupt im Besitz eines Mikroskops sind, eines von der letzteren Gattung ihr eigen nennen. Bei diesen ist nun natürlich das Bedürfniß der Prüfung ein viel dringenderes, weil kein geachteter Name eine Garantie für ihre Tüchtigkeit bietet. Das Gewöhnlichste ist, sich sogenannter Probeobjecte zu bedienen, und man hat hierzu besonders die Schuppen einiger Schmetterlinge und die Schalen von Stückelalgen benutzt. Von den ersteren findet der Leser eine Abbildung in Figur 197 des vorliegenden Werkes. Man erklärt ein Mikroskop für befriedigend gut, wenn es an den Schuppen der Hipparchia Janira nicht blos die Längsstreifung, sondern auch die feinere Querstrichlung der einzelnen Rippen scharf erkennen läßt. Ein Probeobject aus der Reihe der Diatomeen, Pleurosigma angulatum, findet der Leser in Figur 95 abgebildet. Es handelt sich hierbei darum, die zwei feinen schief sich schneidenden

Liniensysteme zur Anschauung gebracht zu sehen. Bei den stärkeren Linsensätzen, wie sie neuerdings angefertigt werden, muß auch noch ein drittes, das Schälchen rechtwinklig kreuzendes Liniensystem erscheinen. Denn der eigentliche Bau dieser Schälchen ist eine Zeichnung, bestehend aus sechseckigen Feldern, sowie es die nebenanstehende Figur 331 giebt. Die beiden schiefen Liniensysteme entsprechen dem Verlauf der Linien a und b, die ich durch die Sechsecke durchgelegt habe, das dritte Liniensystem der Linie c. Die allerstärksten sogenannten Immersionssysteme, von denen wir später reden werden, gehören dazu, um das vollkommene Bild der sechseckigen Zeichnung, wie es die obige Figur giebt, herzustellen. Diese Probeobjecte bekommt man in der Regel fast überall da zu kaufen, wo auch Mikroskope zu haben sind.

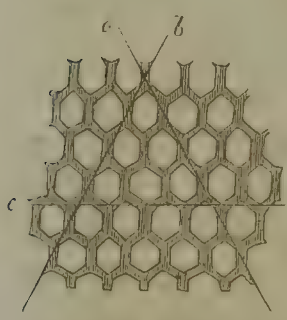


Fig. 331.

Die Prüfung eines Mikroskops mit solchen Gegenständen belehrt uns jedoch mehr nur über die Güte der stärkeren Vergrößerungen, die allerdings bei einem Mikroskop auch die wichtigsten sind. Will man jedoch auch die schwächeren Linsensätze prüfen, so muß man einen andern Weg gehen.

Nach dem, was ich über die Fehler der Linsen sagte, wird der Leser leicht entnehmen, daß die Güte jedes Vergrößerungsglases, sei es stark oder schwach, wesentlich davon abhängt, ob die kuglige und die farbige Abweichung genügend verbessert ist. Dessen vergewissert man sich in folgender Weise:

Man überzieht ein Glasplättchen mit einer so dichten Lage von chinesischem Tusch, daß dasselbe vollkommen undurchsichtig ist. Nach der Abtrocknung ritzt man den Tuschüberzug mit einer Nadel und betrachtet nun diesen feinen Lichtstreifen mit seinem Vergrößerungsglase gerade so, wie jeden andern Gegenstand, wobei man übrigens das Auge durch Vorhalten der Hand vor jedem fremden Licht schützen muß. Ist die kuglige Abweichung unvollkommen verbessert, so sieht

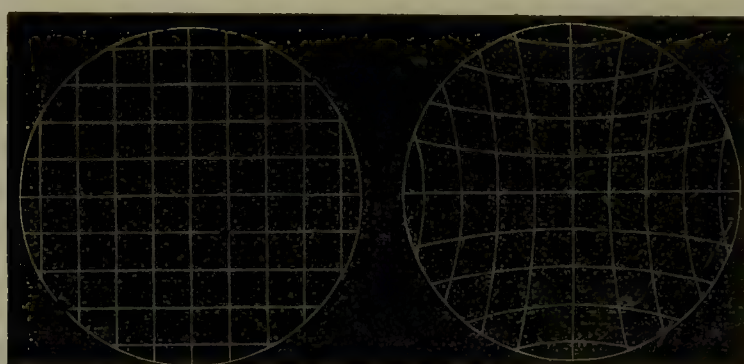
man über dem leuchtenden Strich einen wolkigen Lichtnebel, bedeutend breiter als das eigentliche Bild des Ritzes, der sich deutlich von dem schwarzen Tuschhintergrund abhebt. Erscheint dagegen kein solcher Lichtnebel, so darf das Vergrößerungsglas ohne Weiteres vorzüglich genannt werden. Spuren eines solchen sind zwar immer Zeichen minderer Qualität, aber doch braucht das Instrument deshalb noch nicht unbrauchbar genannt zu werden. Ganz zu verwerfen ist es nur, wenn er stark ist.

Hat man ein Instrument mit einem schwachen Lichtschimmer, so kann nämlich der mittlere Theil der Linse vollkommen gut sein, und der Lichtschimmer nur von unvollkommener Correction des Randes herstammen, oder es ist das Umgekehrte der Fall, der Rand ist gut und die Mitte schlecht. Ist das Erstere der Fall, so muß der Lichtnebel verschwinden, sobald man durch eine engere Blendung die Strahlen abhält, welche durch den Rand der Linse gehen. Ob der Rand gut und die Mitte schlecht ist, erkennt man daran, daß der Lichtnebel verschwindet, wenn man die Strahlen, welche die Mitte der Linse passiren, abhält. Man nimmt hierzu ein Glastäfelchen, das in der Mitte einen schwarzen Fleck hat. Solche Instrumente sind also immer noch zu gebrauchen, wenn man die geeigneten Blendungsstellungen einhält; allein natürlich ist die Lichtstärke der von ihnen gelieferten Bilder geringer.

Will man das Instrument in Bezug auf die Verbesserung der farbigen Abweichung prüfen, so geschieht dies mit dem gleichen tuschbedeckten Glase, nur bedeckt man noch außerdem die eine Hälfte des Sachglases durch ein Papier- oder Stanniolstückchen, das man am einfachsten mit Speichel auf der Linse festklebt. Bei einem guten Mikroskop soll jetzt der Riß in der Tuschschicht möglichst farblos sein. Jeder Fehler in der Verbesserung giebt sich dadurch zu erkennen, daß der eine Rand des Ritzes blau oder violett, der andere gelb oder roth erscheint. Bei zu geringer Verbesserung liegt der blaue Rand rechts, bei zu starker links. Verschwindet der farbige Saum bei Anwendung einer engeren Blendungsöffnung, so liegt der

Fehler im Rand der Linse, verschwindet er bei Bedeckung der Mitte des einfallenden Lichtkegels, so liegt der Fehler hier.

Die bisher besprochene Prüfung giebt uns vorzugsweise Aufschluß, ob das Sachglas den nöthigen Anforderungen in optischer Beziehung entspricht. Ob auch das Augglas frei von kugliger Abirrung ist, unterscheidet man am sichersten, wenn man ein feines Drahtnetz, von dem man weiß, daß die einzelnen Drähte in gerader Richtung verlaufen, unter das Mikroskop bringt. Ist der Anblick, so wie es Figur 332a darstellt, sind also alle Maschen gleich



a Fig. 332. b

groß, so ist das Ocular gut; erscheinen die Maschen so wie in Figur 332b, also gegen den Rand hin schiefwinklig verzerrt, dann ist die kuglige Abweichung durch die beiden Linsen des Augglases nicht entsprechend verbessert und ein solches Mikroskop gestattet deshalb nur in der Mitte eine richtige Beurtheilung des Gegenstandes.

Wir haben in der Besprechung des optischen Theils des Mikroskops von der Ebnung des Gesichtsfeldes gesprochen, indem wir nachwiesen, daß das Bild, welches das Objectiv entwirft, eine Wölbung nach aufwärts besitzt und bezeichneten es als eine der Aufgaben der Sammellinse des Augglases, diese Wölbung dergestalt in die entgegengesetzte umzukehren, daß der Abstand aller Theile des Bildes vom Augglas gleich groß wird. Ob dies geschehen, sieht man daran, daß bei gleicher Einstellung der Mikroskopröhre auf einen vollkommen flachen Gegenstand alle Theile desselben gleich deut-

lich erscheinen. Ist dagegen die Mitte deutlich, der Rand undeutlich oder umgekehrt, so ist das Bild gewölbt und zwar, wenn bei höherer Einstellung der Rand deutlich ist, zu stark nach abwärts, ist dagegen bei der höheren Einstellung die Mitte deutlich, zu stark nach aufwärts. Als Prüfungsobject nimmt man ein ebenes Glas, das man mit dem befetteten Finger trüb wischt.

Ein letzter Punkt, rücksichtlich dessen ein Mikroskop geprüft werden muß, ist der, ob alle seine Linsen so in gleicher Ordnung liegen, daß die Mittelpunkte derselben sich alle in der Mikroskopaxe befinden. Beim Ocular wird in dieser Beziehung selten gefehlt, wohl aber beim Objectiv. Man erkennt den Fehler daran, daß das Bild eine Drehung erfährt, wenn man die fehlerhaft gestellte Linse dreht. Da bei den Objectivsätzen alle Linsen durch Schrauben mit einander verbunden sind, so braucht man nur die Schrauben zu drehen, während man gleichzeitig in das Mikroskop sieht.

Manche Mikroskopiker legen auch noch viel Werth darauf, wie groß der Oeffnungswinkel eines Linsensatzes ist, da hiervon die Lichtstärke des Sehfeldes abhängt. Allein es kommt dies insofern weniger in Betracht, weil es nur bei den allerstärksten Vergrößerungen wichtiger wird und diese sind doch nur da anzuwenden, wo es sich um eingehende wissenschaftliche Untersuchungen handelt, denen wohl die meisten Leser meines Buches ferne stehen werden. Zudem handelt es sich hier bereits um Winkelmessungen und umständlichere Manipulationen, und deswegen will ich diese Prüfungsmethode hier übergehen. Dagegen glaube ich manchem meiner Leser einen Dienst zu erweisen, wenn ich ihm angebe, von wo und zu welchem Preis er verläßlich gute Mikroskope beziehen kann.

Unter den deutschen Fabrikanten steht so ziemlich oben an Simon Plößl in Wien, Wieden, Theresianumgasse 12. Sein großes Mikroskop, welches ich in Figur 321 abgebildet habe, kostet mit drei Linsensätzen, drei Ocularen, zwei Glasmikrometern und zwei Beleuchtungslinsen 207 Fl. Ö. W. Der dritte Linsensatz giebt mit dem Ocular Nr. 1 eine Vergrößerung von 320 fach linear, mit dem

zweiten Ocular eine 560fache. Dann liefert er auf Verlangen zu demselben Mikroskop einen vierten stärkeren Linseneinsatz, der mit dem zweiten Ocular eine 700malige Vergrößerung giebt. Dieser Satz kostet 63 Fl.

Ein kleineres Mikroskop mit zwei Objectiven und zwei Ocularen, dessen stärkste Vergrößerung 350mal ist, kostet 95 Fl.

Nächst den Plößl'schen stehen die Mikroskope von Schick und Benèche in Berlin, Ersterer Hallesche Straße Nr. 15, Letzterer Belleallianceestraße 33. Schick verfertigt seine Mikroskope nach dem Modell von Oberhäuser (jetzt Hartnack) in Paris, in acht verschiedenen Sorten zum Preis von 20 bis 200 Thlr. Sein großes Mikroskop besitzt sechs Objectivlinsensysteme und vier Oculare, die Vergrößerung geht bis zu 1500mal linear. Die Mikroskope von Benèche gehen in sechs Sorten von 10—170 Thlr.

Sehr gute Mikroskope verfertigen ferner Zeiß in Jena (in nicht weniger als 31 Sorten von 14—200 Thlr.) und Belthle (Nachfolger von Karl Kellner) in Wetzlar. Des Letztern großes Mikroskop kostet 120 Thlr., seine Mittelsorte 50, die kleinsten 20. Ferner Merz in München (Nachfolger des berühmten Fraunhofer); sein großes Mikroskop mit sechs Objectivsätzen und fünf Ocularen kostet 240 Thlr. Dann sind noch zu erwähnen Schröder in Hamburg, Hasert in Eisenach, Schmidt und Hensch in Berlin und Ines in Berlin.

Unter den ausländischen Mikroskopen ist für den deutschen Leserkreis in erster Linie die berühmte Pariser Firma, früher Oberhäuser, jetzt Hartnack, Place Dauphin 21, zu erwähnen. Sein größtes Mikroskop mit fünf Linsensystemen, worunter eines für Eintauchung berechnet, und fünf Ocularen kostet 750 Frcs. Seine kleineren Mikroskope sind von 60—400 Frcs.

Eine zweite mit Recht berühmte Pariser Firma ist Nachet und Sohn, Rue St. Severin 17. Sein größtes Mikroskop kostet 1300 Frcs., seine mittleren ca. 400 und dann kleinere herab bis zu 70 Frcs.

In England haben sich vier Firmen einen bedeutenderen Namen gemacht: Andrew Roß Powell und Lealand, Smith, Beck und Beck, und Ladd. Von Letzterem besitze ich ein sogenanntes Aquarium-mikroskop mit einem Linsensatz und einem Objectiv, dessen optische Leistung in jeder Beziehung tadellos ist. Ein großes Mikroskop von ihm, welches ich längere Zeit benutzte, hält in optischer Beziehung den Vergleich mit den besten festländischen aus, nur leidet es, wie alle englischen Mikroskope, an furchtbarer Ueberladung des mechanischen Theiles.

Aus diesen Verzeichnissen wird der Leser entnehmen, daß das Mikroskop immerhin noch eine kostspielige Sache ist. Mikroskope, für wissenschaftliche Untersuchungen jeglicher Art geeignet, kommen auch nach Beseitigung alles halbwegs Ueberflüssigen auf circa 300 Fl. Wer sich jedoch ein Mikroskop beschaffen will, um sich an dem wunderbaren Aufbau der Organismen zu ergötzen, der reicht mit Instrumenten aus, die mit einem Ocular und zwei Objectivsätzen ein reines Bild von etwa 150 bis 200facher Vergrößerung erzeugen, und solche Mikroskope liefern alle die oben angeführten Firmen um den Preis von 40—50 Thlr. Mit ihnen sind selbst die kleinsten Zellen gut und scharf wahrnehmbar. Stärkere Instrumente sind nur dann unerläßlich, wenn man den Bau der einzelnen Zelle einer genaueren Auflösung unterwerfen will.

X.

Das Sehen durch's Mikroskop.

Das Sehen mit dem Mikroskop ist in mannigfacher Beziehung eine ganz eigenthümliche Sache. Sie kann weder verglichen werden mit dem Sehen des bloßen Auges, noch mit dem durch Ferngläser

und namentlich sind die Bilder, welche stärkere Vergrößerungen liefern, in so Vielem abweichend von dem Bild, das unser bloßes unbewaffnetes Auge giebt, daß daraus für den Anfänger mancherlei Schwierigkeiten erwachsen.

Die Unterschiede beruhen in Folgendem: Jeder leuchtende Punkt eines Gegenstandes strahlt, wie ich bereits früher gezeigt, sein Licht nach allen Richtungen des Raumes aus. Wie viel davon wir wahrnehmen, hängt ab von der Oberfläche unseres Sehlochs und der Entfernung, in der sich der Gegenstand vom Auge befindet, und wird dadurch gemessen, daß man den Winkel nennt, den die äußersten wahrnehmbaren Strahlen mit einander bilden. Selbst bei den kurzsichtigsten Augen, welche eine Annäherung von unter drei Zoll gestatten, beträgt dieser Winkel nur wenige Grade. Beim Mikroskop dagegen wird ein weit größerer Theil des Strahlenbündels wahrgenommen. Bei den stärksten Vergrößerungen geht dies bis zu 150 Graden. Die mittleren Vergrößerungen haben einen Oeffnungswinkel von 40—90 Grad. Die Folge ist, daß nicht nur die einzelnen Punkte des mikroskopischen Bildes im Verhältniß zu ihrer Größe stärker leuchten, als es bei Anwendung des bloßen Auges der Fall wäre, sondern daß auch Lichtpunkte im mikroskopischen Bild erscheinen werden, die wir selbst dann nicht sehen würden, wenn der betrachtete Gegenstand in natura so groß wäre, wie sein mikroskopisches Bild. Dieser Umstand erschwert namentlich die Beurtheilung der Oberflächenbeschaffenheit. Denke man sich eine Fläche mit Unebenheiten von bestimmter Form besetzt. Ist sie mikroskopisch klein, so werden wir auf ihrem Bilde im Vergrößerungsglas Punkte leuchten sehen, die nicht leuchten würden, wenn sie bei sonst ganz gleicher Beschaffenheit sich unserem bloßen Auge darstellten. Mit andern Worten: trotzdem, daß sie gleich sind, werden sie verschieden aussehen.

Für's Zweite ist die Betrachtung mit dem Vergrößerungsglas bei auffallendem Licht nur auf schwache Vergrößerungen beschränkt; in den meisten Fällen muß man die Gegenstände bei durchfallendem

Licht ansehen, also so, wie wir ein durchsichtiges Ding gegen das Licht betrachten. Was also für das unbewaffnete Auge Regel ist, nämlich das Sehen bei auffallendem Licht, ist für das Mikroskop Ausnahme, Regel dagegen, was wir nur höchst selten anwenden, nämlich eine Sache gegen das Licht zu halten.

Besehen wir uns diese zwei Anschauungsmethoden etwas näher, zunächst die Betrachtung bei auffallendem Licht. Hier ist zu bemerken, daß man diese nur mit verhältnißmäßig geringeren Vergrößerungen vornehmen kann (höchstens 50fach) und selbst da nur unter Anwendung künstlicher Beleuchtungsmittel, und jetzt vergleiche man die Umstände, unter welchen dies geschieht. Betrachten wir einen undurchsichtigen Gegenstand unter freiem Himmel oder in der Nähe des Fensters, so fällt Licht von allen Seiten auf die Oberfläche, sie ist also in Höhe und Tiefe überall beleuchtet. Unter dem Mikroskop erhält der Gegenstand gerade in der Richtung, in der wir ihn sehen, gar kein Licht, weil das Mikroskop ihn beschattet. Alles Licht, was ihn beleuchtet, ist schiefes. Aus diesem Grunde werden, wenn die Lichtquelle ringsum ist, kreisförmige Erhabenheiten in der Mitte einen dunklen Fleck, darum einen Lichtring haben und die Vertiefungen dazwischen werden in tiefem Schatten liegen. Nun kommt aber gewöhnlich das Licht blos von einer Seite (von der Beleuchtungslinse) und so wird man statt des Lichtkreises nur einen seitlichen Lichtpunkt sehen, und alles Uebrige in schwarzen Schatten gehüllt. Das giebt natürlich einen ganz andern Anblick, als ihn das unbewaffnete Auge hat. Wer sich davon überzeugen will, nehme nur z. B. den lebhaft grünglänzenden Flügel eines Goldkäfers oder Feuerstehlers. Er wird erstaunen, welch traurig öden Anblick der unter dem Mikroskope gewährt: Nur einzelne wenige leuchtende Sterne blinken an tief schwarzem Himmel auf. Dieser fremdartige Anblick wird noch dadurch vermehrt, daß wir mit dem Mikroskop nicht in die Tiefe sehen können, worin unser unbewaffnetes Auge eine so bewunderswerthe Fertigkeit hat. Nur das, was ganz genau in dem berechneten Abstand von dem Vergrößerungsglas sich befindet,

giebt ein genaues Bild; Alles, was nur um Haaresbreite dahinter oder davor liegt, wird entweder gar nicht gesehen oder in nebelhaftem Schatten.

Dieser letztere Umstand ist es vorzugsweise, der die Betrachtung durchsichtiger Gegenstände gegen das Licht außerordentlich erschwert. Was wir da wahrnehmen, ist immer nur das Lichtbild eines Durchschnittes vom Gegenstande, und nicht einmal das rein. Dieses Durchschnittsbild ist getrübt und verwirrt durch die unreinen verschwommenen Bilder von dem, was dahinter oder davor liegt. Die Hauptkunst des mikroskopischen Sehens besteht nun darin, daß man einmal zu unterscheiden weiß, was im gleichen Durchschnitt liegt und was nur Projection von Dahinter- oder Davorliegendem auf diese Ebene ist, für's Zweite aber muß man sich alle diese Querschnitte, welche man durch Heben und Senken der Mikroskopröhre nach einander empfängt, vereinigen zu einem körperlichen Bild des betrachteten Gegenstandes. Das ist eine Kunst, die man erst durch längere Uebung sich zu eigen macht, und zu der nicht blos gute Augen gehören, sondern auch ein gut Endchen Verstand und Combinationsgabe. Selbst der geübteste Mikroskopiker darf dem von ihm zusammencombinirten Bilde nicht ohne Weiteres trauen, sondern muß durch Drehen und Wenden des Gegenstandes und oft wiederholte Beobachtung sich vergewissern, ob er wirklich richtig verbunden hat. Und die Fälle sind häufig genug in der Geschichte der Wissenschaft, wo trotz alledem unrichtige Combinationen gemacht worden sind.

Wo uns also ein flüchtiger Blick des unbewaffneten Auges ohne Weiteres über die Gesammtform belehrt, müssen wir bei dem Mikroskop erst eine Verstandesoperation zu Hilfe rufen. Wo wir mit unbewaffnetem Auge durch ein Paar rasch nach einander ausgeführte Drehungen eine sichere Verbindung der verschiedenen Ansichten zur Vorstellung eines soliden Körpers gewinnen, können wir dies unter dem Mikroskop nur durch weit auseinander liegende unvermittelte Operationen, durch Betrachtung von Quer- und Längs-

schnitten. Denn nur sehr kleine Gegenstände lassen sich durch Rollen unter dem Mikroskop plastisch erkennen.

Dies sind Uebelstände des mikroskopischen Sehens, welche dem Anfänger die Benutzung desselben außerordentlich erschweren, selbst dann, wenn er über die naive Vorstellung hinaus ist, als könne man etwa seinen eigenen Fingernagel geschwind unter's Mikroskop halten und werde ihn dann so groß erblicken wie ein Kirchenthor.

Ferner vergesse man nicht, daß das Gesichtsfeld des Mikroskops seine bestimmten Grenzen besitzt und zwar sind diese selten größer, als 8 Zoll bei einem 10zölligen Abstand vom Auge. Mit der Stärke der Vergrößerung nimmt also in gleichem Maaße der Raum ab, den man gleichzeitig überblicken kann. Also z. B. ein linien-langer Floh wird schon bei 80facher Vergrößerung das ganze Seh-feld einnehmen und bei stärkerer sieht man dann eben nur noch einen Theil von ihm.

Auch auf einen Punkt des mikroskopischen Sehens muß noch aufmerksam gemacht werden, welchen ich bereits im dritten Capitel dieses Abschnittes erwähnt habe, daß nämlich der Fernsichtige das mikroskopische Bild in größerem Abstand vom Auge denkt als der Kurzsichtige, und daß deshalb die Vergrößerung verschieden be-urtheilt wird.

Eine wichtige Gefahr des mikroskopischen Sehens sind die nicht zur Sache gehörigen zufälligen Einmischungen in das mikroskopische Bild, weil sie den Anfänger leicht irre führen. Einer der häufigsten hierher gehörigen Gegenstände sind Luftblasen. Sie stellen sich unter dem Mikroskop als runde Gebilde dar mit einem außerordentlich breiten schwarzen Saume, der sehr lebhaft contrastirt mit der grell leuchtenden Mitte. Gerade dieser breite Schatten aber ist es, an dem man sie sicher erkennt, da körperliche Gebilde immer mit zarten Conturen gesäumt sind. Ferner muß sich der Anfänger hüten Leinen- oder Baumwollfasern, die von dem Abwischtuch sich gelöst haben und auf dem Objectträger zurückgeblieben sind, für Bestandtheile des betrachteten Gegenstandes zu halten. Nach einiger Uebung erkennt

man sie an dem verrunzelten unregelmäßigen Ansehen. Als fremde Gegenstände können sich ferner alle die Dinge einstellen, die als sogenannter Staub in der Luft schweben und die allerverschiedensten Quellen haben. Dann kommen Täuschungen vor durch Unreinigkeiten im Glas und Objectträger. Sie erkennt man daran, daß sie nicht in gleicher Ebene mit dem Gegenstand liegen, sondern erst bei Senkung der Mikroskopröhre deutlich werden. Mitunter kann auch eine Verwechslung stattfinden durch die Zeichnung, die ein befetteter Finger auf der Oberfläche des Glases zurück läßt, kurz es giebt für den Anfänger mancherlei Klippen, die er durch die Erfahrung kennen lernen und zu umgehen wissen muß, die aber deshalb keinen abschrecken sollen, sich dieses Instrumentes zu bedienen.

XI.

Die Behandlung des Mikroskops.

Auch hier glaube ich meinen Lesern einige Winke geben zu sollen, die ihnen über die Schwierigkeiten der Anfangsperiode hinweghelfen können. Das erste Erforderniß ist die Reinhaltung des Instrumentes, insbesondere des optischen Theils. Hier empfiehlt es sich zunächst, dasselbe zur Abhaltung des Staubes entweder nach jedesmaligem Gebrauch wieder in den Kasten zu verschließen oder es mit einem Glassturz bedeckt zu halten, da die Reinigung theils umständlich ist, theils das Instrument gefährdet. Unter dem Staub der Luft befinden sich nämlich immer härtere Körper, kleine Sandkörperchen, verkieselte Pflanzenbestandtheile &c., die beim Abwischen der Linsen mit einem Tuche leicht Ritze im Glas verursachen können. Kommt es vor, daß die Linsen bestaubt sind, so sollte die erste Reinigung immer durch Abstauben mit einem trockenen sogenannten Fischpinsel

geschehen, weil dieser solche gefährliche harte Körper auf die sanfteste Weise entfernt. Erst wenn dadurch nicht alle Verunreinigung beseitigt wird, greife man zu einem andern Reinigungsmittel. Das darf aber nie eine steife, neue Leinwand sein, sondern ein altes verwaschenes, aber reines Stück; am besten ist immer die innere Seite eines weichen Handschuhleders. Fettige Verunreinigungen entfernt man mit einem Pinsel, der in Alkohol getaucht ist, oder durch Belecken mit der Zunge und nachheriges Abwischen mit dem Tuche.

Am meisten beirren oft den Neuling Verunreinigungen der inneren Linsen, kleine Stückchen des schwarzen Anstrichs, die sich von der Innenwand des Rohrs gelöst haben oder Staub, der von außen eingedrungen ist. Wo sie liegen, erfährt man am schnellsten durch Drehung der einzelnen optischen Bestandtheile, sie liegen auf der Linse, bei deren Drehung sich ihr Bild ebenfalls dreht.

Nicht minder wichtig ist der Schutz des Objectivs, wenn man an dem zu betrachtenden Gegenstand chemische Manipulationen vornimmt (Zusatz von flüchtigen Säuren und Alkalien). Der Schutz geschieht durch Anwendung eines möglichst großen Deckglases und außerdem muß die unterste Linse nach Beendigung der Operation sorgfältig abgewischt werden. Von der Behandlung des Spiegels und der Blendungen werde ich weiter unten, wo von der Beleuchtung des Gegenstandes die Rede sein wird, ausführlicher sprechen.

Bei der Benutzung des optischen Theils gilt als Regel, einen Gegenstand zuerst bei den schwächeren Vergrößerungen zu betrachten und erst dann zu stärkeren zu schreiten, wenn erstere noch keinen Einblick geben. Dabei mache man es sich zur Pflicht, die Mikroskopröhre nur aufwärts zu bewegen, so lange man in das Instrument sieht. Hat man einen Gegenstand untergelegt, so achtet man von der Seite blickend genau auf den Abstand von Instrument und Gegenstand und senkt die Röhre so lange, bis sie in mehr als genügende Nähe gekommen ist. Dann erst sieht man in's Instrument und hebt die Röhre. Hat man sich über die Entfernung getäuscht, so schraube man ja nicht ohne Weiteres wieder zurück,

sondern richte dabei wieder den Blick auf das untere Ende des Rohrs. Namentlich bei starken Vergrößerungen und kleinen Gegenständen läuft man Gefahr, beim Herabschrauben die Röhre auf den Gegenstand aufzudrücken. Bei der großen Kraft, die der Schraubenbewegung inne wohnt, wird dadurch nicht blos der zu betrachtende Gegenstand gefährdet, es kann die Glasplatte, die ihn trägt, zersprengt werden, das angewendete Deckgläschen und selbst die unterste Objectivlinse kann Beschädigungen erfahren. Im letzteren Fall ist das ganze Instrument verdorben. Hat man zweierlei Einstellungen, eine grobe und feine, so wendet man zum Senken der Röhre die erstere, und zum Heben die letztere an. Unter allen Punkten, auf die es bei der Behandlung des Mikroskops ankommt, ist es der vorliegende, der nicht blos für den Anfänger, sondern selbst für den geübten Beobachter beherzigenswerth ist.

Der mechanische Theil braucht, wie alle Mechanismen von Zeit zu Zeit eine Oelung, da, wo Metall an Metall sich bewegt, allein man thue ja nicht des Guten zu viel, so daß das ganze Instrument verschmiert wird.

XII.

Die Beleuchtung.

Bei der Beleuchtung handelt es sich vor Allem um die richtige Aufstellung des Mikroskops. Man bringt dasselbe vor ein Fenster, welches dem Himmelslicht ungehinderten Zutritt gewährt, allein frei von Besonnung ist. Das directe Sonnenlicht ist nämlich für die mikroskopische Betrachtung unbrauchbar, den seltenen Fall ausgenommen, wo man undurchsichtige Gegenstände bei stärkerer Vergrößerung in auffallendem Lichte betrachten will. Das beste Licht ist

das, wie es ein weiß bewölkter Himmel giebt, der blaue Himmel paßt bei stärkeren Vergrößerungen nicht so gut, gestattet aber bei schwächeren einen befriedigenden Anblick. Lampenlicht erfordert eine Zerstreuung durch ein Milchglas und giebt dann eine sehr schöne Beleuchtung, allein im Allgemeinen muß bemerkt werden, daß mikroskopische Untersuchungen bei Nacht die Augen weit mehr gefährden als solche bei Tage.

Es ist vielleicht hier die passendste Gelegenheit, über diesen letzteren Punkt Einiges zu sagen. Das unbehagliche Gefühl und die Schmerzen, die längeres Mikroskopiren namentlich im Anfang hervorruft, haben verschiedene Ursachen. Ein nicht zu gering anzuschlagender Umstand ist die erkältende Wirkung, welche die metallische Mikroskopröhre als guter Wärmeleiter besitzt. Dieser Einfluß kann so weit gehen, daß Entzündung der Bindehaut des Auges eintritt. Wer in dieser Beziehung empfindlich ist, kann sich sehr leicht dadurch helfen, daß er über das Ocular eine Kappe aus Pappendeckel stülpt, die dem Augglas gegenüber eine Oeffnung besitzt. Es genügt dies oft ganz allein, stundenlanges Mikroskopiren ohne jegliche Anstrengung zu ermöglichen. Eine zweite Ursache der unbehaglichen Empfindungen ist die Ermüdung des Auges, die durch ungeschickten Gebrauch desselben verursacht wird. Der Neuling glaubt nämlich, es handle sich um ein Sehen in geringerer Nähe als seine gewöhnliche Sehweite ist und bemüht sich deshalb sein Auge einer möglichst geringen Distanz anzubequemen, also das zu thun, was er macht, wenn er mit unbewaffnetem Auge einen sehr nahen kleinen Gegenstand besehen will. Dies ruft natürlich eine Ermüdung des Muskelapparats hervor, der die Anbequemung des Auges an verschiedene Sehweiten zu besorgen hat. Bei längerer Uebung verliert sich zwar diese Ungeschicklichkeit, allein es ist immer gut von Anfang an sich an einen ungezwungenen natürlichen Einblick zu gewöhnen.

Ein dritter Umstand ist der, daß man glaubt, das unbeschäftigte Auge schließen zu müssen. Auch das setzt eine angespannte Muskelthätigkeit voraus, die mit der Zeit zur Ermüdung

führt. In dieser Beziehung merke man sich, daß die Schließung des einen Auges eine gänzlich unnöthige Sache ist, ja daß es sogar directe Vortheile gewährt, wenn man sich angewöhnt, das freie Auge offen zu halten. Ich werde hierauf später noch zurückkommen.

Endlich empfiehlt man mit gutem Grund im Gebrauch der beiden Augen abzuwechseln und bald das eine, bald das andere zum mikroskopischen Sehen zu verwenden, denn häufig stellt sich bei einseitigem Gebrauch bei dem beschäftigten Auge ein geringer Grad von Kurzsichtigkeit ein. Es hat dies zwar nicht viel zu bedeuten und manche Menschen leiden daran, ohne es zu wissen, allein Leute, welche sich noch eines gesunden accommodationsfähigen Auges erfreuen, thun doch gut, darauf zu achten, daß sie diese schätzenswerthe Eigenschaft ihres Sehapparates in vollem Umfang aufrecht erhalten.

Zum Schluß bemerke ich nur noch einem häufig gehegten Vorurtheil gegenüber, daß der Gebrauch der Vergrößerungsgläser bei genügender Berücksichtigung dessen, was ich oben gesagt habe, keineswegs augenverderbend wirkt. Durch solche Befürchtung möge sich Niemand von der Benutzung dieses wundervollen Instruments abhalten lassen.

Von künstlichen Beleuchtungsmitteln besitzt das Mikroskop dreierlei. Zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände von oben die schon erwähnte Beleuchtungslinse, für die Beleuchtung von unten mit durchfallendem Licht den Spiegel, und endlich den Polarisationsapparat.

Wie ich schon früher auseinandersetzte, ist die Beleuchtung von oben für das Mikroskop die allerungünstigste, überhaupt nur bei schwächerer Vergrößerung ausführbar. Es ist deshalb eine der Hauptaufgaben des Mikroskopikers, die Gegenstände, die er untersuchen will, so durchsichtig zu machen, daß er die Beleuchtung von rückwärts ausführen kann. Wir werden darüber später ausführlicher handeln. In Fällen, wo man aber gezwungen ist, die Beleuchtung von oben anzuwenden, thut man immer gut, das hellste Tageslicht zu verwenden. Die Beleuchtungslinse, die ein Prisma ist mit einer geraden

und zwei gekrümmten Flächen, wird so gestellt, wie es bei der Zeichnung des Plößl'schen Mikroskops (siehe oben Fig. 324) angegeben ist.

Zur Beleuchtung von unten besitzt jedes Mikroskop einen drehbaren Spiegel. Man stellt sein Instrument so, daß das Licht senkrecht auf die Drehungsaxe des Spiegels fällt, und dann dreht man diesen, bis der Lichtstrom in die Mikroskopröhre dringt. Man sieht öfter Anfänger lange vergeblich das Licht suchen, dies wird aber dem nicht passiren, der, bevor er in die Röhre hineinblickt, die Drehungsaxe seines Spiegels so stellt, wie ich oben sagte.

In der Regel gebraucht man den Spiegel so, daß das Licht senkrecht von unten den Gegenstand trifft, und bei den Mikroskopen kleinerer Gattung erlaubt der Spiegel auch keinen andern Gebrauch. Bei vollkommeneren Instrumenten ist er jedoch so angebracht, daß man denselben seitlich verschieben und so den Gegenstand schief beleuchten kann. In manchen Fällen giebt die schiefe Beleuchtung durch ihren Vergleich mit der senkrechten Aufschlüsse über Structurverhältnisse des Gegenstandes, die ohne das nicht zu erlangen sind, wie wir ja auch bei der Betrachtung mit bloßem Auge immer gerade und schiefe Beleuchtung abwechselnd anwenden.

Fast noch wichtiger ist der Gebrauch der Blendungen, die bei den besseren Mikroskopen an der untern Fläche des Objecttisches angebracht sind. Durch das Vorschieben einer Blendung mit engerer Oeffnung wird der Lichtkegel, den der Spiegel auf den Gegenstand wirft, verschmälert, also bei gleicher Stärke des einzelnen Strahls gelangen weniger Strahlen auf den Gegenstand. Diese Herabsetzung der Lichtstärke ist dann von Werth, wenn höchst feine Zeichnungen Gefahr laufen, in dem zu starken Lichtstrom ersäuft zu werden. Es empfiehlt sich also die Anwendung engerer Blendungen bei der Untersuchung sehr durchsichtiger und zarter Gegenstände bei starker Vergrößerung. Ihre Wirkung ist demnach ähnlich wie die Bestäubung, welche die Photographen anwenden, um an weißen Stoffen die feineren Details erscheinen zu lassen.

Harting sagt in seinem Buch über das Mikroskop sehr treffend:

„Ein Beobachter, der einen Gegenstand nur in einem besondern Zustand der Beleuchtung durch ein Mikroskop beschaut hat, besitzt davon eine gleich vollständige Vorstellung, wie ein durchziehender Reisender von einer schönen Landschaft, auf die er blos im Vorbeigehen einen Blick geworfen hat und in der sich, je nachdem sie von der Morgen- oder Abendsonne beschienen oder durch die Mittagssonne in vollem Glanze bestrahlt wird oder aber mit schwarzem Gewölk bedeckt ist, abwechselnd neue Schönheiten dem Auge darstellen. Eine gute Benutzung des Beleuchtungsapparats ist gewiß eins der besten Merkmale, um den geübten mikroskopischen Beobachter vom weniger geübten unterscheiden zu können."

Wir haben jetzt noch von einer besonderen Beleuchtungsart, nämlich der mit polarisirtem Lichte, zu reden. Ohne den Leser mit einer längeren optischen Auseinandersetzung zu behelligen, will ich doch in Kürze sagen, was man unter polarisirtem Lichte versteht. Bekanntlich erklärt man sich das Licht als eine Schwingung des sogenannten Aethers, bei der die einzelnen Aetherkörperchen in einer zum Lichtstrahl senkrechten Richtung schwingend gedacht werden. Man stellt sich nun vor, daß die Ortsbewegungen der Aetherkörperchen beim gewöhnlichen Lichtstrahl sowohl nach oben und unten als nach rechts und links, kurz in allen Richtungen einer Ebene schwingen, die die Bahn des Lichtstrahls senkrecht durchschneidet. Diese allseitige Bewegung verwandelt sich unter gewissen Umständen in eine einseitige, d. h. das Aetherkörperchen schwingt jetzt blos noch auf und ab. Einen solchen Lichtstrahl nennt man polarisirt (das Aetherkörperchen schwingt nur von einem Pol zum andern). Man besitzt verschiedene Mittel, um einen gewöhnlichen Lichtstrahl in einen polarisirten umzusetzen. So ist z. B. jeder Strahl ein einseitig schwingender, der von einer geschwärzten Glasplatte unter einem Winkel von 32¼ Grad gespiegelt wird; ferner wird jeder Strahl, der in bestimmter Richtung durch einen doppelt brechenden Krystall hindurchgeht, in zwei polarisirte Strahlen verwandelt, die rechtwinklig zu einander orientirt sind, d. h. während in dem einen die Aetherkörper-

chen auf- und abschwingen, bewegen sie sich beim andern zwischen rechts und links.

Zum Behuf der Beleuchtung mikroskopischer Gegenstände stellt man das polarisirte Licht auf dem letzteren Wege her. Man verwendet einen doppelt brechenden Kalkspathkrystall und schneidet ihn dergestalt zu, daß von den beiden Strahlenbündeln nur das eine durchgelassen, das andere abgelenkt wird. Einen so zubereiteten Krystall (siehe Fig. 333 A) nennt man nach seinem Erfinder Nicolsprisma. Man gebraucht für das Mikroskop zwei solche Prismen; das eine, Polarisator genannt, wird zwischen Beleuchtungsspiegel und den zu betrachtenden Gegenstand gesetzt (bei den mit einer Cylinderblendung versehenen Mikroskopen wird er in diese eingepaßt). Das zweite Prisma, den sogenannten Analysator, kann man entweder zwischen Objectiv und Ocular und zwar unmittelbar hinter das erstere bringen oder es wird auf das Ocular aufgelegt. Die Einfügung der beiden Prismen muß so beschaffen sein, daß das eine derselben eine wagerechte Drehung zuläßt. Bei den Plößl'schen Mikroskopen ragt an der Seite durch einen queren Spalt (siehe Fig. 333 B) ein Knopf (a) hervor, durch dessen Verschiebung die betreffende Bewegung des Prismas ausgeführt wird. o sind die Linsen des Objectivs.

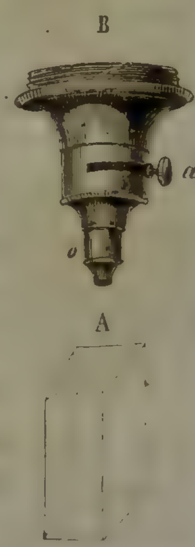


Fig. 333.

Stellt man die beiden Prismen so, daß sie gleich situirt sind, so gelangt der polarisirte Lichtstrahl zum Auge. Stehen sie dagegen so, daß die Linien gleicher optischer Wirkung sich rechtwinklig kreuzen, so soll, wenn die Prismen gut construirt sind, kein Lichtstrahl zum Auge gelangen, mithin das Sehfeld schwarz sein. Diese Wirkung kann man sich sehr leicht auf folgende Weise vorstellen. Man denke sich, ein solches Prisma bestehe auf dem Querschnitt aus lauter feinen, nach einer Richtung gehenden Spalten (siehe Fig. 334 a). Jetzt kann nur der Theil des Lichtes das Prisma passiren, dessen Aetherkörperchen in der Richtung der Spalten, also von a nach b

schwingen. Das sind mit andern Worten polarisirte Strahlen. Steht nun das zweite Prisma über dem ersten so, daß die Spalten in der gleichen Richtung streichen, so wird der polarisirte Lichtstrahl auch das zweite Prisma ohne Weiteres passiren können. Steht das zweite aber so, daß seine Spalten die des ersteren rechtwinklig kreuzen (siehe Fig. 334 b), so könnte durch das obere wohl ein Strahl durch, der von rechts nach links schwingt, nicht aber der vom untern Prisma gelieferte Strahl, der sich zwischen oben und unten bewegt. Bringt man nun zwischen diese beiden Prismen einen Gegenstand, der die Eigenschaft besitzt, polarisirtes Licht wieder in gewöhnlich schwingende Lichtstrahlen zu verwandeln, so werden jetzt auch wieder Lichtstrahlen entstehen, die zwischen rechts und links, mit andern Worten in der Richtung schwingen, in welcher die Spalten des Analysators stehen, und diese gelangen dann zum Auge. Man sieht also einen solchen Körper beleuchtet auf dunklem Hintergrund. Ferner da bei der Aufhebung der Polarisation meistens auch der weiße Lichtstrahl in seine einzelnen Farben zerlegt wird, so hebt sich der betrachtete Gegenstand farbig von dem dunkeln Hintergrund ab und mit der Drehung des Analysators wechseln dann die Farben, indem bei jeder andern Stellung eine andere erscheint, in der Ordnung des Spectrums. Bei gleicher Stellung hängt die Farbe, die zum Vorschein kommt, von der Dicke des Körpers ab. Es kommt übrigens beim polarisirten Licht unter Umständen noch eine Erscheinung zu Tage und zwar bei geschichteten Körpern. Es erscheint nämlich ein Schattenkreuz oder ein Farbenkreuz auf ihnen, das sich bei der Drehung des Analysators ebenfalls dreht. Dies ist z. B. ein charakteristisches Erkennungszeichen für Stärkemehlkörner (siehe Fig. 335). Man findet das Schattenkreuz auf der Abbildung des Querschnittes vom Rhinoceros-

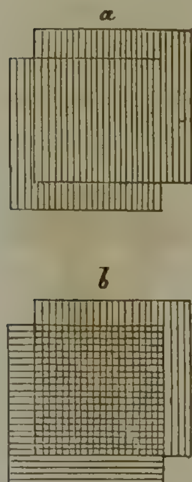


Fig. 334.



Fig. 335.

horn (siehe Fig. 189). Die optische Erklärung desselben würde uns hier zu weit führen. Wer sich dafür interessirt, kann in den Handbüchern der Physik und in dem Werk von Nägeli und Schwendener über das Mikroskop das Nähere erfahren.

Die Anwendung des polarisirten Lichtes spielt ihre hauptsächlichste Rolle bei der Untersuchung mikroskopischer Krystalle, indem es uns darüber belehrt, ob sie einaxig oder zweiaxig sind, und bei der Untersuchung organischer Gebilde läßt sie uns krystallinische Einlagerungen aus Kalk oder Kieselerde und geschichtete Körper erkennen. Außerdem bietet das polarisirte Licht dem, der das Mikroskop mehr als Unterhaltungs-Gegenstand benutzt, die prachtvollsten Schauspiele mikroskopischen Sehens. Namentlich geschmolzenes Salicin in dünner Schicht giebt ein Meer von Farbe und Licht, das jeder Beschreibung trotzt.

So mißlich es ist, einen Anfänger — und ich denke mir immer, daß solche es sind, die aus vorliegenden Zeilen werden Nutzen ziehen wollen — mit vielerlei verwickelten Sachen zu beladen, so kann ich doch nicht umhin, von einer Beleuchtungsmethode zu sprechen, die selbst unter Fachleuten noch nicht allseitig gewürdigt wird. Ich selbst habe sie, trotzdem sie mir aus Schriften bekannt war, gleichfalls unterschätzt, als ich ihre Wirkung sah, war ich deshalb vollkommen überrascht. Unsere einheimischen Mikroskopfabrikanten scheinen gleichfalls über die Wirkung derselben noch nicht gehörig orientirt zu sein, sonst würden sie nicht ermangeln, ihren Instrumenten die erforderlichen Einrichtungen beizugeben. Bis heute sind es fast allein die englischen Mikroskope, welche diesen Beleuchtungsapparat besitzen. Die Nichtbeachtung ist um so unbegreiflicher, als wir längst gewohnt sind, wo es sich um Arbeiten mit bloßem Auge handelt, diese Beleuchtungsart zu benutzen. Jedem meiner Leser wird es geläufig sein, sehr durchsichtige Gegenstände so zu betrachten, daß er sie gegen einen dunkeln Hintergrund hält: Wir stellen uns an's Fenster und halten z. B. unseren dunklen Rockärmel dahinter, um den Gegenstand beleuchtet auf dunklem Hintergrund zu sehen, wenn dessen Feinheit

so groß ist, daß er gegen das Licht gehalten in dem Lichtmeere ersäuft wird. Wir haben nun allerdings in der schiefen Stellung des Beleuchtungsspiegels das Mittel, annähernd eine ähnliche Wirkung beim mikroskopischen Sehen hervorzubringen, und der geübte Mikroskopiker weiß den Werth der schiefen Beleuchtung wohl zu würdigen. Allein vollkommen wird die Sache erst durch eigenartige Beleuchtungsapparate, die sogenannten Condensors, wie sie die englischen Mikroskopfabrikanten verfertigen. Der Uebelstand ist nur der, daß bei starken Vergrößerungen dieser Beleuchtungsapparat einen sehr verwickelten Bau besitzen muß und deshalb ein hübsches Sümmchen Geld kostet.

Für schwache Vergrößerungen ist er höchst einfach: Zwischen Spiegel und Gegenstand wird eine Linse gebracht, die dem Spiegel eine stark gewölbte Fläche — nahezu eine Halbkugel — zukehrt, und dem Gegenstand eine ebene Fläche. Die letztere besitzt in der Mitte ein geschwärztes Feld, und nur ein ringförmiger Saum erlaubt den Lichtstrahlen zu passiren, diese sind aber jetzt so gebrochen, daß von ihnen keiner mehr den Weg durch die Mikroskopröhre zum Auge findet, dagegen sind sie im Stande, bei geeigneter Stellung einen Gegenstand, der zwischen der Linse und der Mikroskopröhre liegt, vollauf seitwärts von unten zu beleuchten. Derselbe erscheint jetzt in dem dunkeln Sehfeld wie ein leuchtender Komet am schwarzen Himmel.

Wie schon bemerkt, eignet sich dieser einfache Apparat leider nur für schwache Vergrößerungen. Will man stärkere anwenden, so ist man genöthigt, achromatische Linsencombinationen zu benutzen, die bei ihrer Zusammensetzung dieselbe Sorgfalt und Genauigkeit erfordern, wie die Objectivsätze der Mikroskopröhre. Deshalb der hohe Preis. So kostet z. B. der achromatische Condensor, den Powell und Lealand ihren großen Mikroskopen beigeben, nicht weniger als 10 Pfund Sterling. Hierzu kommt noch, daß diese Condensors auch eine höchst genaue Einstellung auf den Gegenstand erfordern. Eine Abbildung wird dies dem Leser begreiflicher machen als Worte.

Figur 335 A zeigt einen solchen, den sogenannten parabolischen Condensor von Wenham in seiner Fassung und natürlichen Größe. In B ist der optische Theil im Querschnitt dargestellt, und zugleich der Gang der Lichtstrahlen durch Linien angedeutet. Die mit r r′ r″ bezeichneten stellen die vom Beleuchtungsspiegel parallel kommenden Strahlen dar, und man sieht, wie sie an der Begrenzungsfläche des parabolisch gestalteten Glaskörpers so nach einwärts gebrochen werden, daß sie jenseits derselben in dem Brennpunkt F sich treffen. Das, was mit der Bezeichnung S in die obere gehöhlte Fläche des Glaskörpers eingezeichnet ist, ist eine undurchsichtige schwarze Kittmasse. Wird ein Gegenstand in den Brennpunkt F gebracht, so wird er von oben gesehen vollkommen beleuchtet auf dunklem Hintergrund erscheinen. Der Leser kann sich nun leicht denken, wenn er sieht, wie jenseits des Brennpunktes F die Strahlen wieder auseinander fahren, daß die Wirkung nur dann vollständig ist, wenn der Gegenstand wirklich genau in dem Brennpunkt liegt. Um dazu zu gelangen, ist es nöthig, daß ein solcher Condensor mit einem Triebwerk in Verbindung steht, welches eine genaue Einstellung ermöglicht, und so werden auch dadurch die Kosten einer solchen Vorrichtung erhöht. Sieht man aber von dem ab, so wird jeder, der

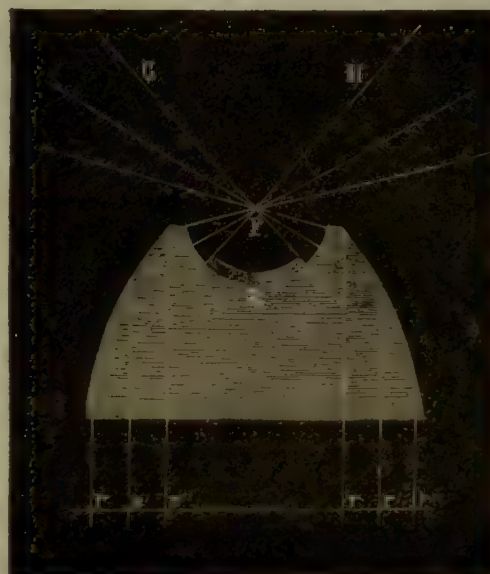


Fig. 335 B.



Fig. 335 A.

einmal die Wirkung eines Condensors auf Gegenstände von hoher Durchsichtigkeit gesehen hat, den gewaltigen Vortheil dieser Beleuchtungsmethode anerkennen.

XIII.
Das Messen.

Schon frühzeitig erwachte das Bedürfniß, die wahre Größe der Gegenstände kennen zu lernen, die das Vergrößerungsglas zur Anschauung brachte. Der Erste, der einen Versuch hierüber machte, war Robert Hooke. Er theilte sein Verfahren in der Vorrede zu seiner 1665 erschienenen Mikrographia mit. Er machte von der schon früher berührten Fähigkeit Gebrauch, die zwei Augen, die der Mensch besitzt, gleichzeitig für zwei verschiedene Gegenstände zu beschäftigen. Es wird nämlich nach einiger Uebung jedem gelingen, das Bild, welches sein Eines Auge aus der Mikroskopröhre empfängt, zusammenzubringen mit der Ansicht, welche ein neben dem Mikroskop angebrachter Maßstab dem andern Auge gewährt und so kann er das Bild messen, wie man mit bloßem Auge die Größe eines Gegenstandes mit dem Maßstab in der Hand bestimmt. Wir werden weiter unten noch einmal auf diese Fähigkeit zu sprechen kommen. Leeuwenhoek, der seine Untersuchungen ebenfalls in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts anstellte, besaß eine viel ungenauere Methode der Messung. Für ihn war die Größe eines Sandkorns die Maßeinheit und er gab dann die gefundene Größe der Gegenstände im Bruchtheil dieser Einheit an. Doch hat er jedenfalls sehr genau verglichen. Denn er sagt, daß das Blutkörperchen eines Menschen 100mal schmäler sei als ein Sandkorn, daß also, die Kugelgestalt des Blutkörperchens vorausgesetzt, eine Million Blutkörperchen dazu gehören, um

die Masse eines Sandkorns zu geben, und wenn er dann an einem andern Orte sagte, daß ein Sandkorn $^1/_{30}$ Zoll breit sei, so stimmt das im Allgemeinen mit dem Maße überein, das wir mit unseren heutigen vollkommneren Meßinstrumenten für eine Blutzelle festgestellt haben.

Noch bei Lebzeiten Leeuwenhoek's betrat man die Wege der Messung, die wir heute noch wandeln. Was die Technik betrifft, so zerfallen die Meßapparate in zwei Kategorien, die sogenannten Glasmikrometer und Schraubenmikrometer. Die ersteren bestehen in einem fein getheilten Maßstabe, der mit Diamant auf eine Glasplatte eingeschnitten wird. Als Maßeinheit wird hier überall der Millimeter benützt. Plößl giebt seinen Mikroskopen zwei Glasmikrometer bei, von denen der eine den Millimeter in 25, der andere in 50 Theile getheilt enthält. Diese Glasmikrometer werden in's Ocular eingeschoben, da, wo der Brennpunkt der Auglinse liegt. Durch richtige Placirung des zu messenden Gegenstandes bringt man den Maßstab über das vom ersteren gelieferte Bild, liest die Theilstriche ab und dividirt die so gefundene Größe mit der bekannten Vergrößerung des Instruments. Wie man die Vergrößerungszahl findet, davon unten.

Die zweite Reihe von Meßinstrumenten sind die sogenannten Schraubenmikrometer. Früher brachte man sie im Brennpunkt des Augglases an und sie wurden auf verschiedene Weise construirt. Entweder ließ man die Spitze einer Nadel den einen Rand des Bildes berühren und maß die Bewegung, die man ausführen mußte, um die Nadel bis zum andern Rande vorzuführen, oder von zwei Spinnwebfäden, die sich deckten, wurde der eine durch Schraubenbewegung so lange vom anderen entfernt, bis ihr Abstand der Breite des zu messenden Gegenstandes entsprach. Mit diesen Apparaten wurde also nicht der Gegenstand selbst gemessen, sondern die Größe des vom Objectiv entworfenen Bildes bestimmt. Sie mußte dann durch die Vergrößerungsziffer des Instruments dividirt werden. In neuerer Zeit bedient man sich allgemein nur solcher Schraubenmikrometer, die am Objecttisch angebracht sind. Figur 336 bildet einen solchen

ab, A von oben, B von der Seite. Er besteht aus einer Messingplatte (a) mit runder Oeffnung, die mit vier Schrauben am Objecttisch unbeweglich festsitzt und einer zweiten beweglichen (b) mit vier-

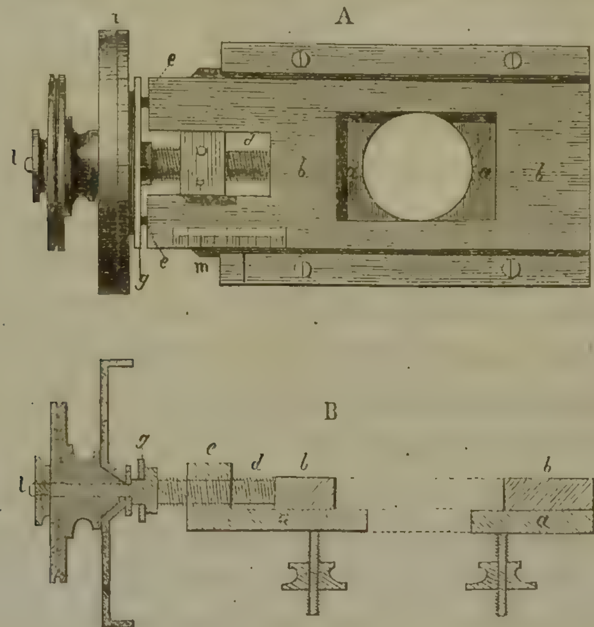


Fig. 336.

eckiger Oeffnung. Eine Schraube (d) mit sehr engen Windungen, die in einer an der unteren Platte festsitzenden Mutter (e) läuft, bewegt die obere Platte. Die letztere hat zunächst bei m einen Maßstab, an dem man die gröberen Distanzen abliest und dann sitzt an der Schraube eine Zeigerplatte (i), die eine Gradeintheilung besitzt. Will man messen, so legt man den Gegenstand so auf den Mikrometer, daß sein einer Rand den feinen Platindraht berührt, der im Brennpunkt des Augglases quer durch das Sehfeld gespannt ist und dreht dann die Schraube so lange, bis der andere Rand sich mit dem Platindraht deckt. Die Größe der Bewegung wird an der Zeigerplatte abgelesen. Die Bewegung der Schraube um einen Theilstrich entspricht einer Ortsveränderung des Gegenstandes um den tausendsten Theil eines Millimeters. Es muß hierbei bemerkt werden, daß viele Mikroskopiker sich heutzutage einer eigenen Maßeinheit bedienen,

des sogenannten Mikromillimeters. Er ist der 1000. Theil eines Millimeters oder der 1000,000. Theil eines Meters. Man könnte ihn also auch Millionimeter nennen. Da die wenigsten mikroskopischen Gegenstände kleiner sind als ein Mikromillimeter, so erspart man die lästige Bruchschreibung. . .

Dem Laien wird diese feine Arbeit des Schraubenmikrometers auf den ersten Blick räthselhaft vorkommen, allein man denke sich eine Schraube, bei der 2½ Umgänge auf die Länge eines Millimeters kommen, so wird, wenn die Zeigerplatte eine Theilung in 400 Striche hat, die Bewegung um einen Theilstrich den 1000. Theil eines Millimeters angeben und ein sogenannter Nonius wird die Ablesung des 10. Theils eines solchen Grades ermöglichen, und so kommt man zu einer Messung des 10,000. Theiles eines Millimeters.

XIV.

Die Vergrößerung.

Ich habe es für passender gehalten, die Besprechung der Art, wie man die Vergrößerungsstärke eines Instrumentes mißt, lieber bei dieser Gelegenheit vorzunehmen, als damals, wo ich über die Prüfung des Mikroskops sprach. Gehören doch dazu die gleichen Meßinstrumente, die man für die Bestimmung der Größe eines Gegenstandes braucht. Wie der Optiker aus der Brennweite seiner Linsen die vergrößernde Kraft des ganzen Instrumentes berechnet, werde ich am Schluß kurz angeben. Zunächst will ich nur die Methoden besprechen, die jeder mit Hilfe eines Maßstabes oder mit den billigen Glasmikrometern ausführen kann, ohne besondere mathematische Kenntnisse. Man bringt unter das Mikroskop einen Körper von bekannter Größe, am besten natürlich einen Glasmikrometer von

mittelfeiner Theilung (der Millimeter in 25 oder 50 Theile). Dann legt man sich auf den Objecttisch einen gewöhnlichen Maßstab so, daß man, während das eine Auge in die Mikroskopröhre blickt, die Theilung des Maßstabes mit dem andern unbewaffneten Auge ungehindert sehen kann. Durch Einwärtslenkung beider Augaxen kann man jetzt beide Bilder, das mikroskopische und das des unbewaffneten Auges, so übereinander bringen, daß man den einen Maßstab am andern ablesen kann. Nur ist dabei sehr wohl darauf zu achten, daß die Augen beim Absehen unverrückt gehalten werden. Wenn z. B. 5 Theilstriche des Glasmikrometers, den man unter dem Mikroskop sieht und von dem jeder dem 50. Theil eines Millimeters entspricht, auf dem Maßstab 20 Millimeter decken, so ist die Vergrößerung eine 200fache, aber natürlich nur bei der Sehweite, die der Entfernung des Auges vom Objecttisch entspricht. Stimmt diese nicht mit der normalen Sehweite, nach der sich unsere Optiker richten, nämlich 25 Centimeter, so hat man natürlich die gefundene Vergrößerungsziffer durch eine einfache Procentrechnung auf diese Sehweite zurückzuführen. Z. B. bei den großen Plößl'schen Mikroskopen, deren Röhre 30 Centimeter lang ist, müßte die gefundene Ziffer 200 um den 6. Theil, d. h. 33$\frac{1}{3}$ verkleinert werden, betrüge also 166$\frac{2}{3}$. Hat man auf diese Weise alle die verschiedenen Objectiv- und Ocularcombinationen direct durch Messung des Bildes bestimmt, so kann man jetzt die gefundenen Größen noch durch Rechnung controliren, indem man durch eine andere Methode die Verhältnißzahlen für die einzelnen Vergrößerungen sucht und jetzt bald von der einen, bald von der andern gemessenen Vergrößerung die andere berechnet. Man wird dabei immer Differenzen finden, da die Ablesung der andern Maßstäbe bei der schwer zu vermeidenden Unruhe der beiden Augen keine vollständige Genauigkeit zuläßt. Allein wenn man einen Durchschnitt nimmt aus den verschiedenen durch Rechnung und Messung gefundenen Zahlen, so wird die Ziffer eine ziemliche Genauigkeit haben.

Noch genauer wird freilich die Bestimmung der Vergrößerungs-

zahl, wenn man das Bild, das das Mikroskop entwirft, durch einen eigens hierzu construirten Apparat auf ein Papier wirft, welches sich in der Ebene des Objecttisches befindet. Dieses Bild kann dann, weil es keiner Bewegung unterworfen ist, direct mit dem Zirkel gemessen werden. Da übrigens diese Apparate hauptsächlich zur Anfertigung genauer Zeichnungen mikroskopischer Gegenstände gebraucht werden, so will ich sie erst im nächsten Abschnitt beschreiben.

Wichtiger als die Bestimmung der Totalvergrößerung ist die Auffindung der Ziffer, mit welcher das Maß eines Gegenstandes zu dividiren ist, das man nach einem im Ocular steckenden Glasmikrometer gefunden hat. Um diese zu erhalten, braucht man 2 Glasmikrometer, deren einer im Augglas steckt, während der andere auf dem Objecttisch liegt. Wenn nun beispielsweise 8 Theilstriche des unteren Mikrometers denselben Raum einnehmen, wie 100 des im Augglas steckenden, so dividire man mit 8 in 100. Die gefundene Zahl $12\frac{1}{2}$ ist die Ziffer, die man beim Messen mit dieser Vergrößerung gebraucht. Nehmen wir an, ein Gegenstand, den wir mit dem Mikroskop betrachten, zeige eine Breite von 5 Theilstrichen des Ocularmikrometers und jeder Theilstrich dieses letzteren sei der 25. Theil eines Millimeters, so bekommen wir folgende Rechnung: 5 Theilstriche geben, wenn einer der 25. Theil eines Millimeters ist, $\frac{1}{5}$ Millimeter. Dieses Maß muß $12\frac{1}{2}$ mal verkleinert werden, um die wahre Größe des gemessenen Gegenstandes zu geben. Diese ist also $\frac{1}{5 \times 12\frac{1}{2}} = \frac{1}{62{,}5}$ Millimeter.

Natürlich ist diese Ziffer für jeden Objectivsatz wieder eine andere. So beträgt sie z. B. bei meinem Plößl'schen Mikroskope für den ersten Satz $9{,}_{09}$, für den zweiten $12\frac{1}{2}$, für den dritten 27 und für den vierten $42\frac{1}{2}$. Selbstverständlich sind diese Zahlen zugleich Verhältnißzahlen für die Stärke der einzelnen Vergrößerungen. Setzen wir die der ersten Linsenverbindung = 1, so ist die der zweiten circa $1{,}_3$, die der dritten $2{,}_6$ und die der vierten $4{,}_6$. Der letzte Satz vergrößert also z. B. $4\frac{3}{4}$ mal mehr als der erste. Ist uns jetzt die Vergrößerung von nur einer einzigen Linsenverbindung bekannt, so

können wir die der andern, wie ich bereits oben sagte, mit Hilfe dieser Verhältnißzahlen berechnen. Hat man zwei verschiedene Vergrößerungen gemessen, so kann man von der einen aus die andere durch Rechnung finden und dieses gerechnete Maß mit dem gemessenen vergleichen.

Neben diesen Methoden, die Vergrößerungsstärke zu bestimmen, die Jeder leicht selbst ausführen kann, wenigstens mit hinreichender Genauigkeit, steht dann die Berechnung der Vergrößerungskraft aus den optischen Vorrichtungen der einzelnen Bestandtheile des Mikroskops. Hier muß man zuerst die Brennweiten von Objectiv und Ocular kennen, so wie den Durchmesser eines bestimmten Gegenstandes und dann berechnet man die Größe des Bildchens, welches das Objectiv entwirft an der Stelle, wo es vom Augglas gesehen wird. Dann wird die Vergrößerung des Oculars aus seiner Brennweite berechnet und die beiden Resultate multiplicirt man mit einander. Schon aus dem, was ich oben sagte, daß die scheinbare Größe eines mikroskopischen Bildes für zwei Beobachter nicht gleich ist, indem sie jeder auf eine andere Sehweite bezieht, geht hervor, daß die Güte eines Mikroskops weit weniger von seiner Vergrößerungskraft als vielmehr von den optischen Leistungen abhängt, die wir oben in dem Abschnitte, der von der Prüfung des Mikroskops handelte, auseinandersetzten. Ist ja doch der naturwissenschaftliche Werth des gesehenen Bildes auch nicht von dessen Größe bedingt, sondern von dem Reichthum an Einzelheiten, die darauf verzeichnet sind. Sie ist nur insofern nicht gleichgültig, als diese Einzelheiten eine solche Größe haben müssen, daß sie für uns sichtbar sind und einen genügenden Abstand, um sie schätzen und messen zu können.

Es ist hier der Ort, etwas über den Gebrauch der Vergrößerungen zu sagen. Zunächst ist zu bemerken, je stärker die Vergrößerung, desto kleiner ist der Theil, den wir von einem Gegenstand auf einmal übersehen können. Wo man deshalb über einen etwas größeren Gegenstand sich einen Ueberblick verschaffen will, sind nur schwächere Vergrößerungen zulässig. Ferner nimmt mit der Stärke der Ver-

größerung auch die Distanz ab, in der man bei gleicher Einstellung der Mikroskopröhre in senkrechter Richtung, mit andern Worten in die Tiefe sehen kann. Also auch in dieser Beziehung ist der Gebrauch stärkerer Vergrößerungen beschränkt. Weiter nimmt in gleicher Weise die Helligkeit des Bildes ab. Da der Gegenstand nur eine bestimmte Quantität von Licht empfängt, so wird, je größer die Fläche ist, auf der es verbreitet wird, die Helligkeit abnehmen. Einigermaßen abgeschwächt wird allerdings der Nachtheil dadurch, daß stärkere Vergrößerungen einen größeren Oeffnungswinkel haben, also ein größerer Theil des von jedem Punkt ausgehenden Lichtkegels zur Herstellung seines Bildes verwendet wird.

Aus all dem geht hervor, daß man eine starke Vergrößerung nur dann anwenden soll, wenn die schwache das gewünschte Detail, über das man Aufschluß verlangt, nicht liefert, d. h. mit andern Worten nur zur Untersuchung äußerst kleiner Körperchen. Eine 120—150 fache Vergrößerung giebt den besten Aufschluß über die architektonische Fügung der Zellen. Stärkere Vergrößerungen sind für die Erkennung dieser Verhältnisse weit schlechter, sie finden nur dann ihre Anwendung, wenn man die einzelne Zelle in Bezug auf die feinere Gestaltung ihres Inhalts untersuchen will.

Es ist nicht uninteressant, einige Mittheilungen darüber zu machen, wie weit es die Technik in der Herstellung starker Vergrößerungen gebracht hat.

Noch bis vor wenigen Jahren hatten die besten Objectivsätze mit dem ersten Augglas eine 300 fache Vergrößerung bei einer Brennweite von $^1/_{12}$ Zoll. Da führte die Benutzung eines optischen Umstandes zu einer bedeutenden Vervollkommnung. Wenn man nämlich zwischen den zu betrachtenden Gegenstand und die untere Fläche des Objectivs eine Flüssigkeit bringt, von einer stärkeren Lichtbrechung als die Luft, so tritt zweierlei ein. Einmal erlaubt diese einen größeren Abstand des Objectes von der Fläche der untersten Linse, fürs zweite verschwindet der Lichtverlust, also zwei wesentliche Hindernisse für die Steigerung der Vergrößerungskraft.

Dies war ein neuer Sporn für die Optiker, auch die technischen Schwierigkeiten zu überwinden, die sich dem Schleifen noch kleinerer Linsen entgegenstellen. Das Resultat dieser Bemühungen sind die seit neuerer Zeit in Gebrauch gekommenen sogenannten Immersions- oder Tauchsysteme. Bei ihrer Anwendung bringt man auf das Deckgläschen, welches den zu betrachtenden Gegenstand bedeckt, einen Tropfen reinen Wassers und einen gleichen auf die untere Fläche des Objectivs. Dann senkt man die Mikroskopröhre, bis die beiden Tropfen sich berühren und verschmelzen. Es ist jedoch zu bemerken, daß blos die eigens hierzu angefertigten Tauchsysteme diese Behandlung gestatten. Die Wasserschicht ist nämlich ein optisch wirksamer, den Gang des Lichtstrahls ändernder Körper, weshalb die Glaslinsen des Objectivs andere Krümmungen und Distanzen besitzen müssen, um die kuglige und farbige Ablenkung zu verbessern.

Auf Grund dieser Vorrichtungen ist es gelungen, Linsensätze zu bauen, die mit dem mittleren Ocular eine 850fache Vergrößerung gewähren mit einer Brennweite von $^1/_{16}$ Zoll. Später ging man noch weiter und schliff Linsen mit einer Brennweite von $^1/_{24}$ Zoll. Insbesondere war es der Nachfolger von Frauenhofer in München, der sich zu dieser Vergrößerungsstärke verstieg. Vor ein Paar Jahren ist es nun den Optikern Powell und Lealand in London gelungen, Linsen zu schleifen von $^1/_{50}$ Zoll Brennweite. Nach dem Preiskatalog dieser Herren giebt ein solches Linsensystem, das allein 31 Pfund Sterling kostet, mit dem ersten Ocular eine Linearvergrößerung von 2500, was eine Vergrößerung von 7$^1/_4$ Millionen in der Fläche ausmacht. Mit dem 5. Ocular steigert sich diese Vergrößerung auf 15,000 linear und 225 Millionen mal der Fläche. Die Linsen, die diese Objective zusammensetzen, sind selbst schon nahezu mikroskopische Gegenstände und abgesehen von ihrer Leistung ein Triumph der Technik. Welche Vortheile die Wissenschaft aus dieser Vervollkommnung des Vergrößerungsglases ziehen wird, läßt sich natürlich bis jetzt noch nicht übersehen. Jedenfalls stehen sie nicht in geradem Verhältniß zu dieser Vervollkommnung, denn je

stärker die Vergrößerung, desto geringer ist die Zahl der Fälle, für die sie verwendet werden kann.

Zum Schluß noch eine Bemerkung über den Gebrauch des Augglases. Dieser Theil des Mikroskops hat keine andere Bestimmung (wenn wir von der Aufgabe seines Sammelglases absehen), als das Luftbildchen, welches das Sachglas entwirft, bei stärkerer Vergrößerung, als es dem unbewaffneten Auge möglich ist, zu betrachten. Man sieht also mit ihnen nicht den Gegenstand, sondern sein Bild. Jedem größeren Mikroskop werden nun mehrere Oculare beigegeben, von verschiedener Vergrößerungsstärke. Bei ihrem Gebrauch merke man sich, daß ein stärkeres Ocular das Bild wohl vergrößert, aber nicht verbessert, man kann mit ihm nicht sehen, was nicht darauf abgebildet ist und deshalb hat es für die Erkennung des Gegenstandes nur dann einen Werth, wenn das Detail des Bildchens so zart und klein ist, daß seine Entwicklung schwierig wird, namentlich das Messen und Zählen. Denn offenbar zählt man größere Dinge, die weiter auseinanderliegen, leichter als kleine, dicht gedrängte, gerade so, wie man eine große Schrift leichter liest als eine Perlschrift. Allein ebenso wenig als wir mit einer Lupe in einer Perlschrift mehr Buchstaben entdecken, als wir schon mit bloßem Auge sehen, ebenso wenig werden wir mit einem starken Ocular etwas Neues in unserem Bildchen finden. Dagegen werden wir ebenso alle die kleinen Fehler vergrößert finden, wie wir mit der Lupe die Unreinheiten der Buchstabenconturen erkennen. Was unter dem schwachen Ocular ein zarter Strich ist, wird unter dem starken zu einer dicken Linie mit verwischten Conturen.

Man brauche also immer das schwächste Ocular zur Untersuchung und die stärkeren nur zum Messen und Zählen.

XV.
Das Zeichnen.

Wenn bei irgend einem Theile der Naturforschung die bildliche Wiedergabe eine Rolle spielt, so ist dies am meisten der Fall bei den Untersuchungen mit dem Vergrößerungsglas. Wenn es auch die Technik in der Anfertigung mikroskopischer Präparate ziemlich weit gebracht hat und darin ein wichtiges Mittel besitzt, das Gesehene festzuhalten und zur Anschauung Anderer zu bringen, so giebt es doch zahllose Fälle, wo dies aus den verschiedensten Gründen nicht gelingt und wo man zum Zeichenstift greifen muß, wenn man das Gesehene der Betrachtung und Beurtheilung Anderer unterbreiten will. Nun sind aber die Schwierigkeiten der Darstellung unter dem Vergrößerungsglase weit bedeutender, als wo es sich um die Darstellung mit Hilfe des unbewaffneten Gesichtssinnes handelt, da man einmal nicht in so schneller Abwechslung den Blick vom Zeichenpapier zum Gegenstand und umgekehrt richten kann und dann weil man nicht blos geübter Zeichner, sondern auch geübter Mikroskopiker sein muß. Dieses Bedürfniß hat in dem Maße, als die Naturforschung von der Betrachtung durch das Vergrößerungsglas die hauptsächlichste Erweiterung ihres Wissens erwartet, sich immer mehr gesteigert und man ist auf die Anfertigung künstlicher Apparate verfallen, um dem Zeichnen größere Sicherheit, Genauigkeit und Schnelligkeit zu geben. Ich will in Kurzem zeigen, worauf sie beruhen und welches die gebräuchlichsten sind.

Wenn man eine Glasplatte einem Gegenstand so zukehrt, daß der von ihm geworfene Lichtstrahl dieselbe unter einem halben rechten Winkel trifft, so wird ein Auge, welches unter einem rechten Winkel von dem Gegenstand absteht, auf der Glasplatte ein Spiegelbild desselben wahrnehmen.

Legt man in der Richtung, in der das Auge sieht, ein Papier inter die Glasplatte, so wird sich das Spiegelbild, da das Glas durchsichtig ist, auf dem letzteren abheben und man wird leicht im Stande sein, auf dem Papier die Umrisse dieses Bildes mit dem Bleistift nachzufahren. Wenn sich also Jemand über das Augglas eines senkrecht stehenden Mikroskops eine Glasplatte unter einem halben rechten Winkel aufstellt und wagerecht auf die Glasplatte blickt (man muß das Auge aber dicht an die Glasplatte bringen), so wird er scheinbar hinter ihr ein Bild des Gegenstandes erblicken. Bringt er dort ein Papier an, so kann er es nachzeichnen. Läßt sich die Röhre eines Mikroskops wagerecht stellen und von oben auf die Glasplatte sehen, so ist man im Stande, das Bild auf ein dem Tisch aufliegendes Papier zu bringen. Man fährt dann seine Conturen mit dem Bleistifte, dessen Spitze man durch das Lichtbild hindurch sehr wohl unterscheidet, nach. Diese Vorrichtung kann sich am Ende Jeder eigenhändig verfertigen und an seinem Mikroskop anbringen. Das Allereinfachste ist: man setzt rechts und links neben das Augglas ein Stückchen Modellirwachs und drückt in dasselbe ein feines Deckgläschen oder noch besser ein sehr feines Glimmerplättchen unter einem halben rechten Winkel ein. Es muß dasselbe ein sehr dünnes Glas sein, weil sowohl die vordere als die hintere Fläche des Glases ein Spiegelbild liefert und diese beiden Bildchen einander verwirren. Bei einem sehr feinen Deckgläschen liegen sie dann so nahe beisammen, daß sie wenig mehr stören. Man kann übrigens auch das Entgegengesetzte thun und ein so dickes Glas nehmen, daß die beiden Bildchen einander gar nicht mehr berühren. Dies ist ungefähr bei einem viertelzölligen Glas der Fall. Steht das Mikroskop senkrecht, so braucht man natürlich für das Papier, auf das die Zeichnung kommen soll, ein Gestell, das die senkrechte Aufstellung der Zeichenfläche gestattet. Liegt dagegen die Mikroskopröhre wagerecht, so ist die Zeichenfläche der Tisch. Dies Letztere ist natürlich in jeder Beziehung bequemer und wo das Mikroskop nicht von Hause aus zum Umlegen eingerichtet ist, bringt man ein gefaßtes rechtwinklig brechendes Prisma

zwischen Ocular und Objectiv. Ein solches kostet für das große Plößl'sche Mikroskop 15¾ Fl.

Da übrigens bei der Verwendung einfacher Glasplatten sehr viel Licht verloren geht, so bedient man sich neuerer Zeit zweier anderer Instrumente, der sogenannten Camera lucida und des Sömmering'schen Spiegelchens. Diese Apparate werden den Mikroskopen nur auf besonderes Verlangen und gegen besondere Bezahlung beigegeben. Die Camera lucida (Fig. 337) ist ein, unter bestimmten Winkeln zugeschnittenes Prisma in dem Kästchen a b c d, das an die wagerecht gestellte Mikroskopröhre angesetzt wird. An der kleinen Oeffnung (i) blickt man von oben ein und das Bild projicirt sich dann auf den Tisch, der das Mikroskop trägt. Die zwei Linsen (m und n) dienen dazu, um die Spitze des Bleistiftes besser verfolgen zu können. Der Sömmering'sche Spiegel (Fig. 338 a) ist ein Metallspiegelchen von kleinerem Durchmesser als die Pupille des Auges, das mittelst eines federnden Ringes (b) vor das Ocular gebracht wird. Es wirft, unter 45 Grad gestellt, ein Bildchen in's Auge, ohne, weil es kleiner ist als die Pupille, zu verhindern, daß das Auge einen hinter dem Spiegelchen sich bewegenden Bleistift wahrnimmt. Man kann also auf dem Papier die Conturen des Bildes nachfahren. Bei diesem sowie beim vorigen Apparat muß das Ocular wagerecht stehen. Es geht zwar auch bei ihnen von der Lichtstärke verloren, allein doch sind sie noch für die stärksten Vergrößerungen anwendbar, wenn das mit Wachs aufgeklebte Glasplättchen nicht mehr ausreicht.

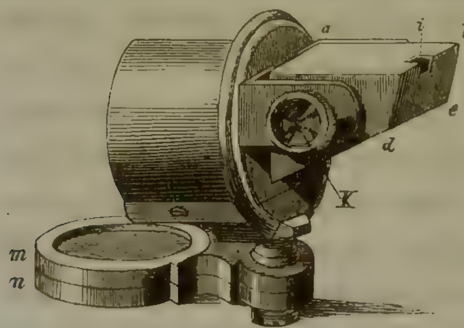


Fig. 337.

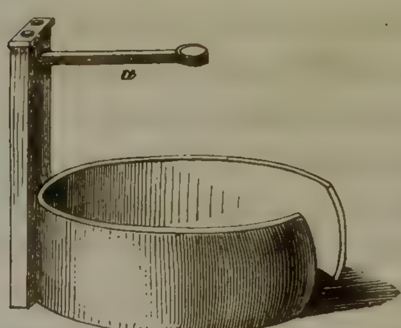


Fig. 338.

Alle diese Vorrichtungen erleichtern natürlich das Zeichnen unter

dem Vergrößerungsglase höchst bedeutend. Wer übrigens Uebung im Zeichnen sowohl als darin besitzt, sein freies Auge dem Zeichenstifte folgen zu lassen, während das andere in die Mikroskopröhre blickt, wird auch ohne diese Vorrichtungen gute Zeichnungen liefern können. Nur eine gleiche Genauigkeit in den Proportionen dürfte schwer zu erreichen sein.

Hier ist zum Schluß noch zu erwähnen, daß man in neuerer Zeit auch die Photographie herangezogen hat, um namentlich behufs der Vervielfältigung genaue mikroskopische Bilder zu erhalten. Man hat zu diesem Zwecke bereits mehrere eigens gebaute photographische Mikroskope angefertigt. Ein solches, wie es Nachet in Paris verfertigt, ist in Figur 339 dargestellt. Das Objectiv (A), an das

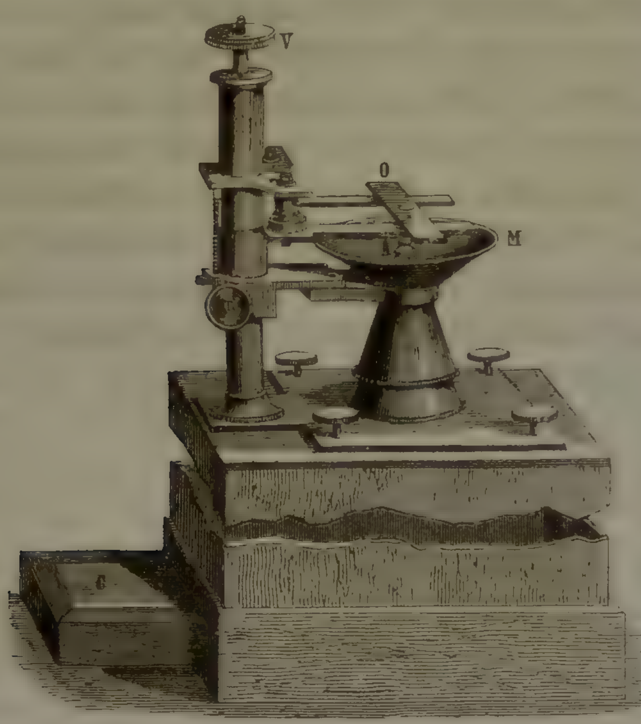


Fig. 339.

zur Beleuchtung undurchsichtiger Körper ein sogenannter Lieberkühn'scher Hohlspiegel (M) angeschraubt werden kann, steht hier umgekehrt. Das Object (O) wird auf zwei durch eine Schraube bewegliche Träger gelegt, um es scharf einstellen zu können. Ein Aug=

glas besitzt dieses Mikroskop nicht. Das vom Objectiv entworfene Bild wird unmittelbar von der Glasplatte (C) aufgefangen. Sie liegt auf einem beweglichen Schieber in dem Holzkasten, auf dem das Mikroskop sich befindet. Zur Einstellung des Bildes auf der Platte dient die Schraube (V).

Leider ist die Photographie nur für wenige Fälle zu verwenden. Einmal muß der Gegenstand, den man photographiren will, sehr rein heraus präparirt sein, dann darf er nur eine sehr geringe Dicke besitzen, da sonst die verschwommenen Bilder dessen, was dahinter und davor liegt, das photographische Bild verwirren, und zudem geben starke Vergrößerungen zu wenig Licht. Wo es sich vollends um Darstellung sich bewegender Dinge handelt, ist die Photographie durchaus nicht anzuwenden. Also abgesehen davon, daß die Photographie nur auf wenige Fälle beschränkt ist, sind dies gerade diejenigen, bei welchen wir am leichtesten auch ohne sie auskommen, was natürlich ihre Verwendbarkeit noch mehr beeinträchtigt. Dazu kommt die umständliche Herstellung und die Kostspieligkeit der Vervielfältigung. Doch darf man mit Recht auf weitere Verbesserung der Verfahrungsweisen hoffen und dann werden der beschreibenden Naturgeschichte manche Dienste geleistet werden können.

XVI.

Härtung und Weichung des Gegenstandes.

Woher kommt es, daß wir das Mikroskop nicht in so alltäglichem Gebrauche sehen wie das Fernrohr. Wir würden fehlen, wollten wir als alleinige Ursache anführen, man sei seltener im Fall, aus mikroskopischer Betrachtung Nutzen zu erhoffen, gegenüber der Häufigkeit des Falles, wo uns die Erkennung ferner Gegenstände

wichtig ist. Die Hauptursache liegt vielmehr darin, daß die mikroskopische Betrachtung meistentheils eine vorgängige Zurichtung des Gegenstandes erfordert. Die Zahl der Dinge, die man ohne Weiteres unter das Vergrößerungsglas bringen kann, nimmt außerordentlich rasch ab, sobald wir zu stärkeren Vergrößerungsmitteln greifen und beschränkt sich schon bei 120facher auf die Trübungen von Flüssigkeiten und äußerst zarte thierische und pflanzliche Bestandtheile. Eine Schrift, die vom Gebrauch des Mikroskops handelt, hat also die Aufgabe, eine bündige Anleitung der mikroskopischen Präparirkunst zu geben.

Ich beginne mit der mechanischen Zurichtung.

In dieser Beziehung steht oben an die Herstellung von sogenannten Durchschnitten. Sie ist unerläßlich für Jeden, der den Bau des Thier- oder Pflanzenkörpers mit Hilfe von Vergrößerungsmitteln zu studiren wünscht. Hat man saftige Pflanzenstengel, Knorpel, Nägel und dgl. Dinge, so kann ein solcher Durchschnitt ohne weitere Vorbereitung mit einem geeigneten Werkzeug gemacht werden, allein namentlich bei der Untersuchung der Thierkörper scheitert dies Beginnen entweder daran, daß der Gegenstand zu hart ist für ein gewöhnliches Messer oder zu weich, oder es kommt vor, daß das Object, von dem man einen Querschnitt zu erhalten wünscht, aus Stoffen von verschiedenen Härtegraden zusammengesetzt ist, so daß der Messerdruck, den die härteren Theile erfordern, die weichen zerquetscht. Hier führt nur eine mitunter verwickelte Behandlung den gewünschten Festigkeitsgrad herbei.

Hat man weiche Theile, wie Muskeln, Gehirn, Schleimhäute, wie die gallertig weichen Körper von Würmern, Schnecken, Polypen, so müssen sie zuvor erhärtet werden, ehe sie sich in befriedigender Weise durchschneiden lassen. Zu diesem Zweck haben sich eine Reihe von Mitteln als praktisch erwiesen, allein es ist dabei zu bemerken, daß alle die in Vorschlag gebrachten Behandlungsweisen die Elementarbestandtheile der fraglichen Gebilde immer mehr oder weniger verändern, namentlich Schrumpfungen und Gerinnungen erzeugen.

Man darf deshalb die Bilder, die solche Durchschnitte gewähren, nicht ohne Weiteres als den Ausdruck des wirklichen Sachverhaltes hinnehmen, sondern muß sich durch die Anwendung verschiedener Methoden bei einem und demselben Gegenstand und durch Vergleichung mit frischen Elementartheilen, die man durch mechanische Zerkleinerung gewonnen hat, von der Natur dieser Veränderungen überzeugen.

Unter den Erhärtungsmitteln steht der Weingeist oben an. Seine Wirkung beruht theils auf Wasserentziehung, theils auf Gerinnung und in vielen Fällen kann er ohne Weiteres angewendet werden. Hat man aber Gewebe vor sich von sehr wässeriger Natur, wie dies namentlich bei den niederen Organismen vorkommt, so ist es gerathen, zuerst verdünnten Weingeist anzuwenden und erst allmählig zu stärkeren Concentrationsgraden überzugehen; andernfalls läuft man Gefahr eine so unregelmäßige Runzelung und Schrumpfung zu erhalten, daß das mikroskopische Bild werthlos wird. Die schrumpfende Eigenschaft des Weingeistes kann unter Umständen seine Anwendung selbst gänzlich verbieten, und in solchen Fällen gebraucht man seit längerer Zeit noch ein anderes Erhärtungsmittel mit Erfolg, nämlich die Chromsäure und das doppelt chromsaure Kali. Bei ihnen ist es aber durchaus nicht gleichgiltig, in welcher Verdünnung sie sich befinden. Im Allgemeinen empfiehlt sich eine Lösung von fünf Theilen der Säure oder des Salzes in hundert Theilen Wasser, und bei zarten Gegenständen ist gleichfalls eine allmählige Steigerung der Concentration anzuempfehlen.

Den Anfänger will ich auf zwei Umstände bei der Anwendung dieses Härtungsmittels aufmerksam machen. Wenn man ein Insect in Chromsäure wirft, so taucht es nicht unter, und wenn man es beschwert, so hält es eine Luftschicht so hartnäckig um sich fest, daß die Flüssigkeit nicht in das Innere des Körpers zu gewünschtem Dienste eindringen kann. Die Ursache dieser Erscheinung ist eine geringe Fettschicht, welche die Benetzung des Thiers verhindert. Will man seinen Zweck erreichen, so muß diese zuvor entfernt werden, indem man das Thier in starkem Weingeist oder Schwefeläther ab-

spült. Der zweite Umstand ist, daß weder die Chromsäure noch ihr Salz in allen Fällen die Fäulniß verhindern. Man darf deshalb nicht alle Stoffe, die ihr unterworfen sind, beliebig lange darin liegen lassen. —

Ein anderes einfaches Erhärtungsmittel, welches namentlich bei manchen Drüsen (Leber, Milz, Niere) zweckmäßig angewendet werden kann, ist das Kochen. Die Ursache der Erhärtung ist in diesem Fall das Gerinnen der Eiweißstoffe. Von einigen Mikroskopikern werden noch zwei andere Flüssigkeiten zur Erhärtung thierischer Stoffe empfohlen, nämlich das kohlensaure Kali (Potasche) und der Holzessig. Vom ersteren nimmt man einen Theil auf vier Theile Wasser. Es muß jedoch bemerkt werden, daß diese beiden Flüssigkeiten bedeutendere Veränderungen in den Geweben hervorbringen. Namentlich sind es die Zellwandungen, die eine so beträchtliche Dehnung erfahren, daß ihre Sichtbarkeit darunter Noth leidet. Man hat sie deshalb nur mit großer Auswahl anzuwenden und nie, ohne sie durch andere Härtungsmittel zu controliren. Das Gleiche gilt von der Erhärtung durch Austrocknen, obwohl es mitunter in Verbindung mit andern Härtungsmethoden sehr zu empfehlen ist. So habe ich es mit Erfolg bei der Untersuchung des Körperbaues der Regenwürmer angewendet. Ich hielt diese Thiere zuerst einige Tage in einer Chromsäurelösung, deren Concentration ich allmählig steigerte, bis alle Theile des Wurmes durch und durch gleich hart waren. Dann ließ ich ihn austrocknen und erhielt jetzt einen Härtegrad, wie den eines dürren Pflanzenstengels. Er erlaubte die schönsten Querschnitte zu nehmen. Die Abbildung der Wurmniere (siehe oben Fig. 150) ist einem so behandelten Thiere entnommen. Wo es sich darum handelt, die Austrocknung rasch vor sich gehen zu lassen, um Fäulniß zu hindern, hängt man den Körper unter einer Glasglocke über ein Schälchen mit Schwefelsäure, weil diese den Wasserdunst begierig aus der Luft auffaugt.

Ueberhaupt muß es der Erfindungsgabe des Einzelnen überlassen werden, für jeden besondern Fall aus den oben angegebenen

Methoden die beste auszusuchen oder dieselben in geeigneter Weise zu combiniren. Jedenfalls würde es mich zu weit führen, wollte ich alle die zusammengesetzten Flüssigkeiten nennen, welche von den einzelnen Forschern für bestimmte Stoffe empfohlen worden sind.

Der Fall, wo ein Gegenstand zu hart ist, um geschnitten werden zu können und doch sich andererseits nicht zum Schleifen eignet, kommt namentlich dann vor, wenn uns der Schnitt über die Lagerungsverhältnisse von weichen und harten Theilen Aufschluß geben soll, also z. B. über das Verhalten von Knochen und Beinhaut oder Knochen und Mark. Hier handelt es sich um die nöthige Erweichung oder um Erweichung der harten und gleichzeitige Festigung der weichen Theile. Auch hierfür sind die Verfahrungsweisen verschieden. Rührt die Härte eines Körpers von Kalksalzen her, wie beim Knochen, so ist verdünnte Salzsäure oder Essigsäure das beste Mittel. Sie lösen den Kalk auf und verwandeln also z. B. einen Knochen in eine knorpelig weiche Masse. Auch Chromsäure eignet sich namentlich in dem Fall, wenn es gleichzeitig auf die Erhärtung anliegender Weichtheile ankommt.

Ist das, was einen Gegenstand hart macht, Kieselsäure, wie bei manchen Pflanzen, aus der Familie der Gräser und Schachtelhalme, so geschieht es nur auf Kosten des Instruments, wenn man mit dem Messer einen Schnitt erzwingen will, ohne daß die Kieselsäure zuvor entfernt ist. In einigen Fällen kann man hier von der die Kieselsäure lösenden Kraft der Alkalien Gebrauch machen, indem man die Gegenstände darin kocht, allein in anderen Fällen erreicht man dies nur durch Behandlung mit Flußsäure. Zu diesem Behuf übergießt man gepulverten Flußspath in einem Bleigefäß mit Schwefelsäure, und hängt den zu behandelnden Gegenstand mit Wasser benetzt in die sich entwickelnden Flußsäuredämpfe. Selbstverständlich muß das Gefäß gut geschlossen werden.

Um Querschnitte aus Hölzern zu gewinnen, ist ebenfalls eine vorgängige Erweichung nöthig. Ist das Holz grün, so weicht man es einige Tage in starkem Weingeist ein, um ihm die harzigen Be-

standtheile zu nehmen, dann legt man es einige Tage in bloßes Wasser, um die gummiartigen Stoffe zu entfernen. Dürres Holz muß zuerst längere Zeit im Wasser aufgeweicht werden, dann erst zieht man es mit Weingeist und zuletzt noch einmal mit Wasser aus, gerade wie das grüne Holz. Manche Hölzer werden durch das Einweichen in Wasser so wenig angegriffen, daß man sie kochen muß, um ihnen die nöthige Geschmeidigkeit zu verleihen. Im Allgemeinen geben grüne Hölzer bessere Durchschnitte als dürre.

XVII.

Das Schneiden.

Wer es das Erstemal versucht, ohne vorherige Anleitung ein feines Scheibchen aus einem beliebigen Gegenstand von geeigneter Härte auszuschneiden, wird auf eine Reihe von Schwierigkeiten stoßen, an die er zuvor nicht entfernt gedacht. In solchen Dingen macht natürlich Uebung den Meister, allein einige Worte Belehrung zuvor werden einem doch Zeit und mitunter auch Geld ersparen. Wie ich als Student anfing, mikroskopische Arbeiten zu unternehmen, wußte ich nichts Eiligeres zu thun, als mir ein sogenanntes Doppelmesser anzuschaffen, wie es die nachstehende Figur 340 aufweist. Es

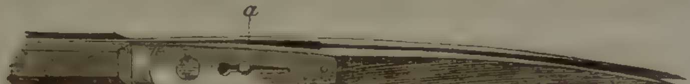


Fig. 340.

besteht aus zwei dicht neben einander liegenden parallelen Messerklingen, deren Entfernung durch eine Schraube oder Streifverschluß (a) beliebig geregelt werden kann. Ich plagte mich eine Zeitlang mit dem Ding herum, aber um der Wahrheit die Ehre zu geben, mir

gerieth nie ein vernünftiger Querschnitt damit. Nach einigen Wochen vergeblicher Mühe warf ich das Werkzeug weg, und habe es seitdem nie mehr wieder angerührt. Es ist meiner Ansicht nach eine so überflüssige Erfindung, als nur je eine gemacht worden ist. In der Theorie nimmt sie sich wundervoll aus, in der Praxis taugt sie gar nichts. Fast das einzige zweckmäßige Instrument, um feine Scheibchen für das Vergrößerungsglas zu schneiden, ist ein Rasirmesser mit feststehendem Heft und verhältnißmäßig breiter Klinge (siehe Fig. 341).

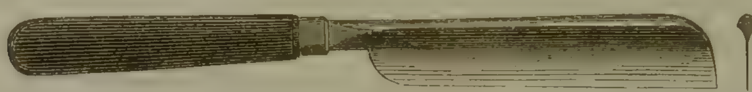


Fig. 341.

Für zarte kleinere Gegenstände muß das Messer hohl geschliffen sein; will man dagegen z. B. ganze Querschnitte von einem Baumstamm anfertigen, so eignet sich ein flach geschliffenes Messer besser.

Bei der Ausführung des Schnittes hat man auf eine Reihe von Vortheilen zu achten. Was man nie versäumen sollte, ist die Benetzung des Messers. Hiezu eignet sich Wasser nicht ohne Weiteres, weil die geringste Befettung der Klinge ihre Benetzung verhindert. Wo es also die Natur des zu durchschneidenden Gegenstandes zuläßt, sollte man immer verdünnten Weingeist nehmen und zwar so viel, daß die ganze Höhlung des Messers damit gefüllt ist. Will man aber Weingeist nicht anwenden, um die verändernde Einwirkung desselben auf den Gegenstand fern zu halten, so muß das Messer zuerst in Weingeist gewaschen werden.

Die Benetzung der Klinge hat zu verhindern, daß der abgeschnittene Theil des Scheibchens während des Weiterschneidens an ihr kleben bleibt und sich in Folge dessen übereinanderschiebt oder gar abreißt. Diese Vorsicht ist um so nothwendiger, je größer das anzufertigende Scheibchen ausfallen soll und je weicher der Gegenstand ist. Beim Schneiden muß das Messer wagerecht gehalten werden, damit die benetzende Flüssigkeit nicht ablaufen kann. Ferner darf nur durch Zug und nicht durch Druck geschnitten werden, eine

Regel, die überhaupt für alles Schneiden gilt. Man beginnt immer mit der Stelle der Schneide, die dem Handgriff zunächst liegt und zieht das Messer unter sanftem Andrücken zurück, wobei man sorgsam Acht darauf hat, daß die Klinge wagerecht durchgeht.

Hat man einen Gegenstand von ganz entsprechendem Härtegrad und genügender Größe, so hält man ihn einfach zwischen den Fingern und gebraucht den Daumennagel als Führung für das Messer. Eine weitere Beihilfe ist nur nöthig, wenn der zu schneidende Körper zu klein oder zu groß, zu hart oder zu weich ist. Im letzteren Fall wird er dem Messer ausweichen, so daß der Schnitt ungleiche Dicke bekommt oder nicht bis ans entgegengesetzte Ende des Gegenstandes reicht. In diesem Fall thut man gut, ihn zwischen zwei Korkplättchen einzuklemmen, die man, wenn Quetschung vermieden werden soll, mit entsprechend tiefen Rinnen versieht. Figur 342 zeigt den



Fig. 342.

Act des Schneidens, a a sind die Korkplättchen, aus denen bei b der zu schneidende Gegenstand hervorragt. Die Messerklinge ruht auf dem Nagel des Daumens. In der Regel schneidet man dabei so, daß das Messer über den Kork hinweggleitet, unter Umständen kann es sich aber empfehlen, am Kork selbst anzusetzen und ihn mit zu durchschneiden. Das Messer hat dabei eine sicherere Führung.

Sind die Gegenstände, von denen man Querschnitte zu erhalten wünscht, sehr dünn, also z. B. Haare, so nimmt man entweder ein=

fach einen Büschel zusammen und preßt ihn zwischen zwei Korkplatten, oder man taucht den Bündel in eine Gummilösung, nachdem er zuvor mit einem Faden fest umbunden ist, und läßt ihn dann trocknen. Macht man jetzt Schnitte und entfernt den Gummi dadurch, daß man das Ganze in Wasser fallen läßt, so kann man die allerfeinsten Scheibchen aus den dünnsten Haaren erhalten. Natürlich sind aber nicht alle von gleicher Dicke. Sind es kleine kuglige Körper, die man zu durchschneiden wünscht, so schließt man sie in eine gerinnende Flüssigkeit (Leim) ein und zieht wiederholt zwei Messer übers Kreuz da durch, man wird dann immer einzelne durchschnittene Körnchen finden. Da das Blut von selbst gerinnt, so kann man ziemlich leicht die winzigen, nur ein 300stel Linie messenden Blutkörperchen durchschneiden.

Bei manchen Gegenständen z. B. Bandwürmern kleinerer Art, denen mit dem Rasirmesser schlecht beizukommen ist, erhält man ganz befriedigende Querschnitte mit der Scheere. Man nimmt entweder eine derlei gewöhnliche, besser aber ist's, sich eine fertigen zu lassen, wie Figur 343. Neuerdings hat sich ein Gelehrter ein Instrument



Fig. 343.

construirt, um unter dem Mikroskop Querschnitte ausführen zu können. Es wird an den Objecttisch festgeschraubt und läuft in einem Charnier wie ein Zuckermesser.

Bei großen und härteren Gegenständen wächst das Bedürfniß, einerseits dem Messer eine sicherere Führung zu geben, und andererseits den Gegenstand festzuhalten. Zu diesem Zweck hat man das in Figur 344 abgebildete Werkzeug construirt. a und b sind zwei rechtwinklig auf einander gezapfte Hölzer, auf deren einem eine durchlöcherte Messingplatte (b) befestigt ist. Von ihr aus geht eine Messingröhre (c) durch das Holz. Der zu schneidende Gegenstand wird in die

Röhre (c) so eingesteckt, daß er über b hervorragt. Die Schraube (d) dient dazu, um den Gegenstand festzupressen und durch die Drehung der Schraube (e) kann er, nachdem der erste Schnitt geführt ist, beliebig weit gehoben werden, so daß man es also ganz in seiner Ge-

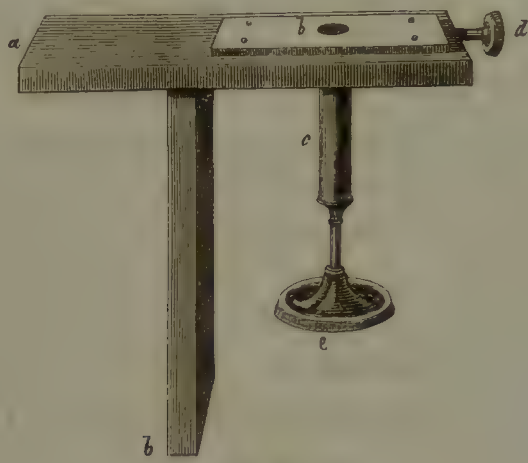


Fig. 311.

walt hat, wie dick das Scheibchen ausfallen soll. Beim Schneiden läßt man die Klinge an die Messingplatte (b) angedrückt hingleiten. Dieses Werkzeug hat jedoch nur dann einen praktischen Nutzen, wenn man Prachtstücke von Querschnitten anfertigen will, weil es ohne seine Hilfe nicht leicht möglich ist, beispielsweise schöne und vollkommene Querschnitte von Hölzern zu gewinnen. Für Untersuchungen zu eigener Belehrung kann man es füglich entbehren.

Selbstverständlich ist, daß dem Abschneiden des Scheibchens ein sorgfältiger ebnender Schnitt vorausgehen muß.

Ist der Querschnitt glücklich ausgeführt, d. h. gleichmäßig dick, fein und groß genug, so handelt es sich darum, ihn unverletzt auf das Objectglas zu bringen. In manchen Fällen gelingt es ohne Weiteres, wenn man auf den Objectträger einen Wassertropfen bringt und die Schneide des Messers so in ihn eintaucht, daß die Flüssigkeit in der Höhle der Klinge mit dem Tropfen auf dem Objectglas sich vereinigt. Wenn das Scheibchen klein genug ist, so schwimmt es dann öfters von selbst hinüber, oder man hilft mit einem Pinsel

nach. Bei sehr zarten und großen Schnitten ist man dagegen gezwungen, dieselben durch Eintauchen des Messers in eine Wasserschale abschwimmen zu lassen, aus der man sie durch Unterfangen mit dem Objectglas herausfischt.

XVIII.
Das Schleifen.

Eine Reihe von Gegenständen, wie Knochen, Schalen, Skelettheile von Seeigeln, Seesternen und Korallen 2c., können für mikroskopische Untersuchung nur zugänglich gemacht werden, indem man sie zu dünnen Plättchen schleift. Im Allgemeinen ist dies eine weit umständlichere und schwierigere Manipulation als die Anfertigung von Querschnitten. Es lassen sich hierfür folgende Regeln aufstellen.

Man nimmt einen möglichst dünnen Abschnitt mittelst einer Uhrfedersäge und schleift ihn zuerst, wenn das Ganze nicht zu gebrechlich ist, unter dem Finger beiderseits so lange, als man ihn noch festhalten kann. Bei Knochen und Zähnen, die eine größere Elasticität besitzen, kann man mit dem Finger den Schliff beendigen. Bei den gebrechlicheren Schalen, Seeigelstacheln 2c. gelingt dies nicht leicht; sie müssen auf eine Glasplatte aufgekittet werden. Zu diesem Behuf wäscht man den halbfertigen Schliff vom Schleifstaub rein, am besten unter der Spritzflasche, dann wird er vollständig getrocknet. Das Festkitten geschieht mit Canadabalsam. Man giebt einen Tropfen auf eine Glasplatte und dampft ihn über der Weingeistlampe so lange ab, bis eine mit der Nadel abgenommene Probe den genügenden Härtegrad zeigt. Das Kügelchen an der Nadel darf nämlich beim Aufdrücken auf den Fingernagel weder splitternd abspringen noch sich breit drücken lassen. Im ersteren Fall ist der Balsam zu

stark eingedampft und man muß ein wenig Terpentin zusetzen, im letzteren Fall fährt man mit dem Eindampfen fort. Es ist deshalb wichtig, daß der Balsam den richtigen Härtegrad besitze, weil bei zu großer Sprödigkeit Balsam und Gegenstand zersplittern, im umgekehrten Fall läuft man Gefahr, den Gegenstand zu zerquetschen oder die Schliffläche mit Balsam zu beschmieren, was das Schleifen hindert. Ist die richtige Beschaffenheit erreicht, so bringt man das Scheibchen auf den heiß flüssigen Tropfen, nachdem man es selbst zuvor etwas erwärmt hat — denn wenn man das Letztere versäumt, so bilden sich gern Luftblasen. Sobald das Glas erkaltet ist, kann man mit dem Schleifen beginnen.

Als Schleifstein benutze man immer eine mattgeschliffene Glasplatte. Gewöhnliche Schleifsteine sind vollständig zu verwerfen, weil sie durch den Gebrauch hohl werden und keinen so reinen Schliff geben. Als Schleifpulver verwende man fein geschlemmten Trippel. Nur bei sehr harten und dicken Gegenständen, z. B. verkieseltem Holze, Gesteinsarten rc., kann man für den Anfang Schmirgel verwenden, weil er stärker angreift, allein für den letzten Schliff ist er untauglich.

Neben dem eigentlichen Schleifen hat man noch Bedacht zu nehmen auf das Poliren. Es geschieht auf derselben Glasplatte, nur ohne Anwendung von Schleifpulver. Statt dessen wird blos reines Wasser genommen. Ob die Politur gut ist, erkennt man an dem Spiegeln der Schlifffläche. Selbstverständlich ist, daß Schleifen und Poliren auf beiden Seiten des Plättchens vorgenommen werden muß. Wo es geht, vollendet man die eine Fläche unter dem Finger und erst die andere durch Aufkitten. Geht dies nicht, so muß das Plättchen wieder abgelöst und ein zweites Mal aufgekittet werden. Das Ablösen geschieht, indem man durch Terpentinölzusatz und Erwärmen den Balsam wieder flüssig macht. Natürlich besorgt man dieses Umwenden, so lange das Plättchen noch eine hinreichende Dicke besitzt, weil es sonst zu leicht zerbricht.

Es ist durchaus zu verwerfen, den zu schleifenden Gegenstand

auf einen sogenannten Glasreiber aufzukitten, man verwende immer ein gewöhnliches Objectglas, damit man während des Schleifens den Gegenstand jederzeit unter dem Mikroskop untersuchen kann, ob er die genügende Feinheit und Durchscheinenheit besitzt. Bei den leichter zu behandelnden Knochen, Zähnen und Muschelschalen ist das Bedürfniß hierzu zwar weniger vorhanden, allein bei den zerbrechlichen Gebilden der Stachelhäuter, die so wundervolle mikroskopische Bilder bieten, ist es nothwendig auf all das oben Angegebene zu achten. Insbesondere sind es die hohlen außerordentlich hinfälligen Stacheln des Kronenseeigels, von dem ein Querschnitt auf Seite 299 Figur 176 abgebildet wurde, welche die Geduld und Geschicklichkeit auf die höchste Probe setzen. Bei ihnen ist noch eine ganze Reihe anderer Kunstgriffe nothwendig, um nur überhaupt ein Stückchen für das Aufkleben vorzubereiten. Im Allgemeinen rathe ich überhaupt dem Anfänger, sich früher im Anfertigen von Messerschnitten zu üben, ehe er mit dem von Schliffen beginnt. Die letzteren verderben ihm viel leichter den Spaß am Mikroskopiren. Hat er aber einmal an der mikroskopischen Arbeit überhaupt Geschmack gefunden, dann wird die Ueberwindung solcher Schwierigkeiten für ihn einen besonderen Reiz haben.

XIX.

Das Aufhellen.

Der schließliche Zweck aller in den zwei vorstehenden Capiteln beschriebenen Vorbereitungen eines zu untersuchenden Gegenstandes ist der, ihm die nöthige Durchsichtigkeit zu geben, damit er bei durchfallendem Lichte betrachtet werden kann. Denn wie ich schon früher sagte, ist dies die einzige Anschauungsweise, die die Anwendung stärkerer Vergrößerungen zuläßt. Wer weiß, daß selbst die dichtesten Metalle

schließlich durchsichtig werden, wenn es gelingt, sie bis auf die nöthige Feinheit zu verdünnen, wird begreifen, wie wichtig die Anfertigung feiner Schnitte und Schliffe für die Untersuchung mit dem Vergrößerungsglase ist. Es giebt jedoch eine Reihe von Fällen, in denen die Aufhellung durch mechanische Mittel nicht den gewünschten Grad erreicht, wo man also genöthigt ist, sich anderweitiger Auskunftsmittel zu bedienen.

Einer der Hauptgründe ungenügender Helligkeit, wenn auch nicht der einzige, ist die Anwesenheit von Luft in den Zwischenräumen der Gewebe oder, wie beim Mark der Pflanzen und den Haaren der Thiere, in den Zellen selbst. Ueberhaupt ist die Luft derjenige Körper, mit dem der Mikroskopiker am meisten zu kämpfen hat, da ihre Anwesenheit das mikroskopische Bild in der empfindlichsten Weise stört. In manchen Fällen gelingt ihre Beseitigung durch einfache Benetzung des Gegenstandes mit Wasser. Wo sie aber im feinzertheilten Zustand die Gewebe durchsetzt, führt dies nie zum Ziel. Dann legt man den Gegenstand in Wasser, aus dem man durch Kochen die gelöste Luft ausgetrieben hat. Solches Wasser muß man sich aber jedesmal frisch bereiten, da beim Stehenlassen die Luft sehr bald wieder in dasselbe eindringt. Die aufhellende Wirkung solchen gekochten Wassers beruht darauf, daß es die Luft auflöst und sich selbst an ihre Stelle setzt. Doch bedarf es hierzu einer längeren Einwirkung, mitunter mehrerer Stunden.

Will man den Gegenstand nachher in Balsam eingeschmolzen aufbewahren, so ist nach Entfernung der Luft durch Wasser ein ziemlich weitläufiges Verfahren einzuschlagen, das ich aber trotzdem Jedem empfehle, weil das Einlegen in Balsam die sicherste Aufbewahrungsmethode für alle mikroskopischen Präparate ist. Ist die Luft durch Wasser verdrängt, so wirft man den Gegenstand in den stärksten Weingeist; ist er nicht groß, so genügen einige Minuten ihn vollständig zu entwässern, mit andern Worten, das Wasser durch Alkohol zu verdrängen. Früher hat man nun zur Vertreibung des Weingeistes Terpentinöl angewendet, allein da hierzu eine ziemlich

lange Zeit erforderlich ist, so war es wichtig, eine Flüssigkeit zu finden, die dies in kürzester Zeit bewerkstelligt. Eine solche ist das Nelkenöl, dessen Wirkung wirklich überraschend schnell ist. Da es sich in ganz gleicher Weise wie Terpentin mit jedem beliebigen Balsam mischt, so ist ein so behandelter Gegenstand vollkommen zum Einschmelzen vorbereitet und dabei in hohem Grade durchsichtig geworden. Natürlich ist dies weitläufigere Verfahren nur dann einzuschlagen, wenn die Luft sich eben nur mit Wasser und nicht sogleich mit einem ätherischen Oel austreiben läßt.

Die Undurchsichtigkeit hängt übrigens nicht allein von dem Luftgehalt ab, sondern kann auch ihren Grund haben in einer hohen Lichtbrechungsfähigkeit der Gewebsbestandtheile im Gegensatz zu der dieselben durchtränkenden Flüssigkeit. In diesem Fall genügt es, den Gegenstand mit einer Flüssigkeit zu tränken, die selbst ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen besitzt als das Wasser, und die allgemeinste Verwendung zu diesem Zweck findet das Glycerin (Oelsüß). Es ist dies um so bequemer, als das Oelsüß zugleich eine conservirende Flüssigkeit ist. Auf der gleichen Ursache beruht auch die aufhellende Wirkung der ätherischen Oele und Balsame, von deren Gebrauch ich soeben sprach. Im Allgemeinen wendet man die letzteren an, wenn man die stärksten Grade von Aufhellung erzielen will und bei solchen Dingen, die unter ihrer Anwendung keine zu starke Schrumpfung erfahren.

Sehr empfehlenswerth ist die Aufhellung mit Balsamen, wenn man die Kalktheilchen in dem Gewebe der Stachelhäuter sehen will. Ein Beispiel zeigt Figur 345, es ist die Spitze des Armes von einem jungen Schlangenstern, dessen Greifhäckchen, Gliederplatten und leiterförmige Stacheln — alle aus Kalk gemacht, sofort hervortreten, weil der Balsam die weichen Gewebtheile bis zum Unsichtbarwerden aufhellt. Bei thierischen Geweben finden zwei andere Flüssigkeiten eine äußerst häufige Anwendung, wenn es sich um Aufhellung handelt, nämlich die Essigsäure und Aetzkalilösung. Ihre Wirkung beruht darin, daß sie die Eiweißverbindungen auflösen, während sie das leimgebende Bindegewebe

durch Quellung durchsichtig machen. Sie gewähren also einen doppelten Vortheil: Außer der Aufhellung dienen sie dazu, die verschiedenen Gewebsbestandtheile von einander unterscheiden zu können, indem namentlich die elastischen Fasern und Häute, sowie die Nerven klarer von dem aufgehellten Bindegewebe sich abheben. Nebstdem hat die Essigsäure noch die Eigenschaft, auch die Zellenkerne deutlicher hervortreten zu lassen und zwar eben dadurch, daß sie die sie deckenden Eiweißkörner des Zelleninhalts löst. Es wirken noch einige andere Pflanzensäuren, wie die Wein- stein- und Citronensäure,



Fig. 315.

in gleicher Weise, allein man braucht sie deshalb nicht seinem mikroskopischen Reagenzkästchen einzuverleiben, da man mit der Essigsäure für alle Fälle ausreicht.

XX.

Das Färben.

So hinderlich mangelnde Durchsichtigkeit ist, so kann nicht minder zu große Durchsichtigkeit ein großer Uebelstand bei der mikroskopischen Untersuchung werden. Namentlich häufig tritt dieser Fall bei

der Untersuchung niederer Thiere ein. Aber auch bei höheren kann es mitunter äußerst schwierig werden, die Verbindung der Elementartheile zu verfolgen, wenn sie sich nicht deutlich genug von ihrer Umgebung abheben. Man kann nun im Allgemeinen sagen, daß alle diejenigen Mittel, die eine Färbung oder Gerinnung hervorrufen, geeignet sind, die Sichtbarkeit zu erhöhen.

Für die Färbung giebt es zwei Wege. Handelt es sich um die Sichtbarmachung von Hohlräumen, so kann man durch das Einspritzen fein zertheilter unlöslicher Farbstoffe den wünschenswerthen Zustand erreichen. Man macht hiervon ausgiebigen Gebrauch bei den Blutgefäßen des Menschen und der höheren Thiere, und es giebt verschiedene Recepte für die Zubereitung solcher sogenannten Injectionsmassen. Die färbenden Stoffe sind Zinnober, Berlinerblau und Chromgelb und die Flüssigkeit, die sie trägt, ist entweder Leimwasser oder eine Mischung von Wachs und Unschlitt, oder man verwendet dieselben Stoffe, mit denen die Oelmaler ihre Farben anreiben. Man hat auch Einspritzungsmassen erfunden, in welchen die Farbstoffe gelöst, somit durchsichtig sind. Sie haben für mikroskopische Untersuchungen den Vorzug, daß sie bei durchfallendem Licht betrachtet werden können, während die gewöhnlichen Einspritzungsmassen nur auffallendes Licht gestatten.

Die Füllung der Gefäße geschieht von einem größeren Stamme aus, in den die Flüssigkeit mittelst einer Handspritze getrieben wird. Das Einspritzen der Gefäße gehört schon zu den umständlicheren anatomischen Manipulationen, weil man nur in den seltensten Fällen einen einzelnen Körpertheil einspritzen kann, sondern am unverletzten Thier die Operation vorzunehmen hat, und dann steht das gewonnene Resultat für den Privatmann in keinem Verhältniß zur aufgewendeten Mühe. Figur 346 giebt ein Bild solcher mit Farbstoff gefüllter Blutgefäßnetze des menschlichen Leibes bei auffallendem Licht, und zwar ist A das Netzwerk um die Fettzellen, B zeigt das feine Blutgefäßnetz zwischen den Muskelbündeln, C dasselbe von einer Schleimhaut und D von der Haut des Fingers.

Um die feinen Gefäße im Leib niederer Thiere mit gefärbten Flüssigkeiten zu füllen, gehören im Allgemeinen weniger umständliche Manipulationen als zum Einspritzen der Gefäße von größeren Thieren,

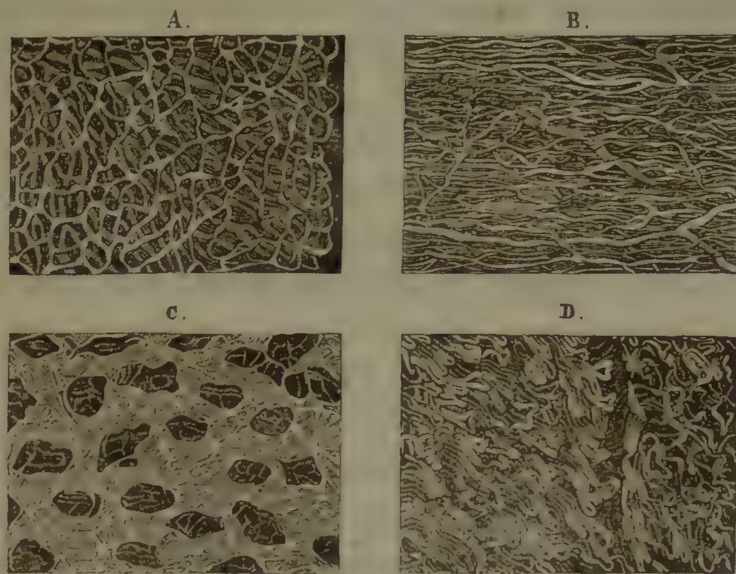


Fig. 346.

und man kann sich da selbst leicht einen eigenen Apparat construiren. Ich habe ihn in Figur 347 abbilden lassen. ef ist ein Glasröhrchen, das man in eine feine Spitze ausgezogen hat. Es steht durch einen möglichst biegsamen Kautschukschlauch (cbd) in Verbindung mit einer gewöhnlichen gläsernen Pipette (a). Man schiebt unter drehenden Bewegungen die Spitze des Glasröhrchens, die in leichter Curve gekrümmt sein muß, in das durch einen Scheerenschnitt geöffnete Gefäß. Die Farbe befindet sich in der Pipette und wird durch den Druck der Luft, indem man das Ende der Pipette in den Mund nimmt, eingeblasen. Erleichtert wird die Manipulation, wenn man

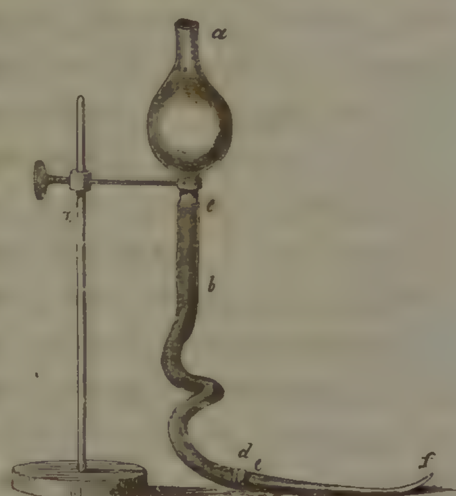


Fig. 347.

die Kautschukröhre ziemlich lang macht und die Pipette an einer feststehenden Säule (x) befestigt. Man läßt dann vor dem Einbohren des Glasröhrchens in das Gefäß die Farbe bis nahe zur Spitze des Röhrchens vordringen, damit keine Luft in die Gefäße getrieben wird. Ein Quetschhahn an der Kautschukröhre hindert das weitere Vordringen der Farbe, bis das Einführen der Röhre vollendet ist, und dann genügt häufig das Oeffnen des Quetschhahns, um die Injection zu Stande zu bringen. Im andern Fall kann man die Pipette leicht an den Mund bringen, um nachzuhelfen.

Eine eigene Methode der Sichtbarmachung von Hohlräumen ist die der Selbsteinspritzung. Sie wurde zuerst in ausgedehnterem Maaßstab angewendet von Ehrenberg bei seinen Untersuchungen der Infusorien. Er setzte dem Wasser, in dem diese Geschöpfe sich bewegten, fein geschlemmtes unlösliches Berlinerblau bei, und dies wurde von den Thieren gerade so verschluckt, wie sie es mit ihrer Nahrung machen. Ehrenberg wurde zwar insofern zu falschen Schlüssen verleitet, als er die gruppenweise Vertheilung der Farbstoffkörner in der halbflüssigen Sarkode für den Ausdruck von eben soviel Mägen der Thiere hielt und für sie den Namen Polygastrica (Vielmagige) aufstellte. Allein die Methode ist an und für sich eine gute, und für manche niedere Thiere anwendbar, um sich über Lage und Verlauf von Hohlcanälen zu unterrichten.

Die allgemeinste Anwendung für mikroskopische Zwecke findet die eigentliche Färbung, bei der die Farbe nicht in die Hohlräume eindringt, sondern die Gewebe selbst färbt. Obenan steht zu diesem Zweck die von Gerlach zuerst empfohlene Carminlösung. Man kann sie sich entweder selbst bereiten, indem man Carmin in einer schwachen Aetzammoniakflüssigkeit auflöst. Doch ist es etwas umständlich, da man einen Ueberschuß von Carmin zusetzen und nachher wieder abfiltriren muß. Das Bequemste ist, sich eine gute rothe Tinte zu kaufen, bei der der Ueberschuß von Ammoniak nicht durch Säuren abgestumpft ist. Am geeignetsten habe ich die Rastrirtinte gefunden.

Das carminsaure Ammoniak hat die Eigenschaft, Zellen, Muskel-

fasern und Nervenfäden stärker zu färben als die Intercellularsubstanz, ferner die Ganglienzellen stärker als die Nervenfäden und die körnige Hüllmasse, in der diese Gebilde eingebettet sind. Die Folge ist, daß diese Elementartheile mit wundervoller Deutlichkeit hervortreten. Wo das Auge zuvor nichts Anderes sah als ein Gewirre der zartesten Conturen, denen es kaum folgen konnte, gewinnt durch die Carminfärbung der Gegenstand das Ansehen eines farbigen Gemäldes, in dem sich die verschiedenartigen Bestandtheile durch die Stärke des Tones abheben.

Man kann die Carminfärbung entweder mit dem ganzen Gegenstand vornehmen und erst nachher die Querschnitte anfertigen, oder man legt die Querschnitte selbst in die Lösung. Im letzteren Fall darf die Einwirkung nicht zu lange dauern, da sich mit der Zeit Alles gleichmäßig roth färbt. In neuerer Zeit hat man einen zweiten in ähnlicher Weise wirkenden Stoff, die sogenannte Ueberosmiumsäure, anempfohlen. Sie soll diejenigen Elementartheile, welche eine größere Anziehungskraft für den Sauerstoff besitzen, dadurch schwarz färben, daß sich metallisches Osmium ausscheidet. Mit ihrer Hilfe gelang es unter Anderem, eine bessere Einsicht in den Bau des Leuchtkörpers der Insecten (siehe oben Seite 390) zu gewinnen. Ferner färben sich bei Anwendung dieser Flüssigkeit die Fette rascher als die andern Gewebsbestandtheile. Fettzellen werden z. B. ganz schwarz und undurchsichtig. In gleicher Weise färbt sich auch das Nervenmark rascher als seine Umgebung, und die Grundsubstanz des Bindegewebes rascher als die darin enthaltenen Zellen. Ebenso werden gerbstoffhaltige Pflanzenzellen rasch schwarz gefärbt. Man verwendet Lösungen von einem Theil Säure auf 200 bis 1000 Theile Wasser. Ich selbst besitze über diesen Stoff noch keine Erfahrungen, aber er scheint in der That eine Lücke in unseren Hilfsmitteln zur Sichtbarmachung auszufüllen.

Dienen die vorerwähnten Färbemittel mehr dazu, um die geformten Bestandtheile der Gewebe zu erkennen, so haben wir jetzt noch einige Methoden namhaft zu machen, mittelst deren sich der

Mikroskopiker von der Anwesenheit chemischer Verbindungen überzeugt. Es handelt sich hierbei um die Unterscheidung von Eiweißverbindungen, Stärkemehl, Holzfaser und Zucker.

Das Eiweiß läßt sich am leichtesten durch gesättigte Salpetersäure nachweisen. Sie färbt dasselbe gelb, und diese Färbung wird noch dunkler durch Zusatz von Aetzkali oder Ammoniak. Da jedoch die Ernährungsflüssigkeit, welche die thierischen Gewebe durchtränkt, immer eiweißhaltig ist, so muß diese vorher durch Auswaschen gründlich entfernt werden, wenn man sich über den Eiweißgehalt der Gewebe selbst unterrichten will. Der Uebelstand dieser Färbemethode ist der, daß die Farbe sehr blaß ist und sich ziemlich rasch den anderen Gewebsbestandtheilen mittheilt, da die entstandene Verbindung von Eiweiß und Salpetersäure in Wasser löslich ist. Man hat deshalb eine Lösung von salpetersaurem Quecksilber empfohlen, welche das Eiweiß bei Erwärmung von 60—100 Grad Celsius roth färbt. Ein drittes Mittel ist Befeuchten mit Zuckerlösung und dann Zusatz von gesättigter Schwefelsäure. Es giebt eine dunkelrothe Färbung.

Das Stärkemehl kommt in den Pflanzenzellen entweder in Form concentrisch geschichteter Körper vor, wie ich sie oben in Figur 335 (in polarisirtem Licht) abbilden ließ, oder es findet sich in formlosem Zustand. Die Anwesenheit des Stärkemehls wird leicht erkannt durch die blaue Färbung, die es bei Zusatz von weingeistiger Jodlösung annimmt. Die dem Stärkemehl verwandte Holzfaser nimmt gleichfalls eine blaue Färbung an, wenn man sie zuerst mit einer gesättigten Jodlösung durchtränkt, sie dann austrocknen läßt und mit einer Mischung von 10 Theilen Schwefelsäure in 6 bis 8 Theilen Wasser benetzt. Die Holzfaser wird jedoch nur blau, wenn sie rein ist, nimmt aber eine grünliche Färbung an, wenn sie incrustirt ist.

Die Erkennung von Zucker wird durch die zwei jedem Chemiker bekannten Prüfungsmethoden bewerkstelligt. Man setzt entweder eine Lösung von Kupfervitriol und dann eine frische Aetzkalilösung zu, worauf sich bei Anwesenheit von Zucker eine rothe Kupferverbindung

niederschlägt. Da diese Färbung jedoch nur beim Traubenzucker eintritt, so kann auf diese Weise Rohrzucker nur dann nachgewiesen werden, wenn man ihn vorher durch Schwefelsäure in Traubenzucker umwandelt. Die zweite Methode besteht in Anwendung einer Flüssigkeit, die man durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure zu Ochsengalle erhält. Dann tritt eine schön violette Färbung ein.

Es würde mich natürlich zu weit führen, wenn ich alle die Färbungsmethoden für die verschiedenen Stoffe hier anführen wollte, um so mehr, als wir weiter unten noch einmal auf einige specielle Fälle zurückzukommen haben. Im Allgemeinen bemerke ich nur noch, daß fast alle sogenannten Reactionen, welche der Chemiker im Großen ausführt, unter dem Mikroskop im Kleinen ebenfalls gemacht werden können. Es ist deshalb das Vergrößerungsglas auch in dieser Wissenschaft seit geraumer Zeit unentbehrlich geworden. Die wichtigsten Fortschritte, die die Wissenschaft durch die sogenannte Mikrochemie, d. h. durch die Methode, chemische Reactionen unter dem Vergrößerungsglas vorzunehmen, gemacht hat, liegen in dem Gebiet der Pflanzenphysiologie, da man nur auf diesem Wege erfahren konnte, in welchen Theilen des Pflanzenkörpers diese oder jene chemischen Stoffe erzeugt werden.

Zum Schluß mache ich noch die Bemerkung, daß man bei allen mikrochemischen Arbeiten auf die Schonung des Mikroskops Bedacht zu nehmen hat, da Dämpfe von Säuren und Alkalien den optischen und mechanischen Theil des Instrumentes gefährden.

XXI.

Sonderung der Theile.

Belehren Schnitte und Schliffe uns über die Gesetze der Aneinanderlagerung der Elementarbestandtheile, so werden wir zu einer

allseitigen Beurtheilung des einzelnen Bausteins eines Thier- oder Pflanzentheiles nur dann gelangen, wenn wir ihn aus seiner Verbindung lösen und für sich allein betrachten können. Zudem kommt es oft genug vor, daß die Zellen zu einer Masse zusammengebacken sind, in der wir die Grenzlinien des einzelnen Bestandtheils nicht mehr verfolgen können. Es stehen uns zu diesem Zwecke einige Behandlungsmethoden zu Gebote, von denen ich die wichtigsten anführen will.

Zur mechanischen Trennung bedient man sich der gewöhnlichen anatomischen Werkzeuge, Messer, Scheere und Pincette, nur hat der Mikroskopiker seinem Werkzeugvorrath noch die Präparirnadel (Fig. 348)

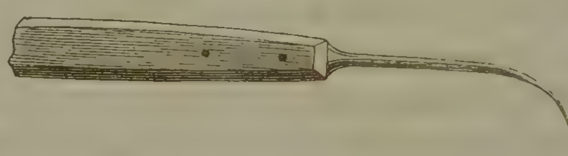


Fig. 348.

beigefügt. Sie dient ihm zur Isolirung und zum Zerzupfen kleiner Gegenstände, während er dieselben durch Lupe oder Mikroskop betrachtet und man bedient sich gewöhnlich gleichzeitig zweier Nadeln, von denen jede Hand eine führt. Für den Anfänger bietet der Gebrauch der Präparirnadel unter dem Mikroskope manche Schwierigkeiten, namentlich dann, wenn er ohne bildumkehrendes Ocular (siehe oben Seite 691) arbeitet. Zu der Vergrößerung der Bewegung, zur Gefahr, mit den Instrumenten außerhalb des Sehfelds zu kommen, gesellt sich dann die Schwierigkeit, daß jede Bewegung gerade die umgekehrte Richtung besitzt und das zusammengenommen bringt anfänglich eine Unbehilflichkeit hervor, die förmlich niederschlagend wirkt. Man lasse sich jedoch dadurch nicht abschrecken, denn bei einiger Beharrlichkeit regeln sich die Bewegungen sehr bald, und man hat dann eine der wichtigsten Fertigkeiten für mikroskopische Arbeit erlangt.

Um Zellen aus ihrem Bindegewebslager zu isoliren, wie es bei der Untersuchung von drüsigen Gebilden wünschenswerth sein kann, genügt es, feine Schnitte mittelst eines Pinsels auszuwaschen; um

Gefäße rein heraus zu bekommen, läßt man einen geringen Fäulniß-grad eintreten, da die Zellen diesem Proceß früher unterliegen; in andern Fällen aber bedient man sich chemisch wirkender Mittel, um zu der wünschenswerthen Zerkleinerung zu gelangen. Um z. B. die spindelförmigen Zellen zu erkennen, aus denen die Haarsubstanz besteht, setzt man Schwefelsäure zu, indem diese zuerst den Zellkitt auflöst, ehe sie die Zellen selbst angreift. Die Hornzellen der Epidermis und der Nägel bringt man zur Isolirung durch Behandlung mit ätzenden Alkalien. Dabei quellen die vertrockneten Blättchen zu einem schönen Zellengewebe auf. Bei verholzten Geweben kommt man am schnellsten zum Ziel, wenn man sie mit Salpetersäure kocht und zwar entweder mit dieser allein, oder unter Zusatz von etwas chlorsaurem Kali. Dünne Schnitte werden dadurch schon innerhalb weniger Secunden so aufgelockert, daß sie bei der geringsten Berührung zerfallen. Selbstverständlich darf man mit dem Kochen nicht zu lange fortfahren, weil sonst die Zellen selbst angegriffen werden. Bei Parenchymgeweben, die aus großen dünnwandigen Zellen bestehen, genügt einfaches Kochen mit Wasser, dem man allenfalls noch etwas Aetzkali oder Aetznatron zusetzt.

Will man bei niederen Thieren die Cuticulargebilde und die feinen Skelettheile aus Kalk oder Kiesel einzeln bekommen, so kocht man ebenfalls unter Zusatz von Aetzkali so lange, bis der betreffende Körpertheil sich in wolkige Flocken gelöst hat. Die Kalkkörperchen liegen dann als feiner Sand im Boden des Kochkölbchens.

In den Pflanzen findet sich die Kieselerde gewöhnlich als Einlagerung in die Zellhäute, so in der Oberhaut und den Parenchymzellen der Blätter, zuweilen aber auch als Auskleidung oder vollständiger Abguß der Zellhöhle, oder endlich als rundliche Körner im Zellinhalt. Werden solche Pflanzentheile entweder durch Glühhitze und nachherige Behandlung mit Salzsäure oder mittelst Schwefelsäure zerstört, so bleibt die Kieselerde als Skelet zurück. Doch giebt diese Behandlung besonders, wenn es sich um dünnwandige und wenig verkieselte Häute handelt, keinen befriedigenden Erfolg. Man

kocht deshalb solche Gegenstände zuerst in einer Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali, bis Entfärbung eintritt. Dann kocht man noch eine Zeitlang in reinem Wasser, und zieht endlich das Ganze noch mit Weingeist aus. So zubereitet brennt sich der Theil auf einem Platinblech über der Weingeistlampe meist schon bei schwacher Glühhitze schnell blendend weiß. Was nach Auszug von Salzsäure übrig bleibt, ist das Kieselskelet.

Es ist selbstverständlich, daß man die Elementartheile, die man auf solche Weise von einander gesondert hat, immer mit denen des frischen Gewebes vergleichen muß, wenn man nicht Gefahr laufen will, Beschaffenheiten, die die Folge künstlicher Einwirkung sind, für ursprünglich zu halten.

Ein besonderer Fall ist der, wenn man Mineralstoffe, Gesteine, Felsarten rc. untersuchen will, worin sich Ueberbleibsel von kleinen Organismen finden, wie Schalen von Wurzelfüßern, Gitterthierchen, Stückelalgen rc. Hier ist es nöthig, sie zuerst zu pulverisiren. Nimmt man hierzu einen Mörser und zerstößt sie oder schabt sie mit dem Messer, so läuft man Gefahr, die zarten Schälchen zu zerbrechen. Statt dessen empfiehlt sich folgendes Verfahren. Man löst in kochendem Wasser so viel schwefelsaures Natron (Glaubersalz), als dies aufzunehmen vermag, wirft die Steinstückchen, die man lösen will, in die heiße Flüssigkeit, und läßt das Ganze ruhig und langsam sich abkühlen. Besitzt das Gestein hinreichende Poren, um die Flüssigkeit eindringen zu lassen, so wird durch das spätere Krystallisiren des Salzes der Stein gesprengt und zerfällt theilweise oder auch ganz in Pulver. Natürlich besteht dies noch aus gröbern und feinern Theilen, die man durch Schlemmen mit Wasser zu trennen hat. Die gesuchten organischen Reste scheiden sich dabei zugleich für den Fall, als sie verschiedener Natur sind, durch ihr specifisches Gewicht nicht nur von den unorganischen Theilen, sondern auch von einandar. Das feuchte Pulver wird mit Hilfe eines Pinsels auf dem Objectträger ausgebreitet, getrocknet und dann in Canadabalsam eingeschmolzen. Will man den Rest des Pulvers aufbewahren, so ist es rathsam,

dies in Weingeist zu thun, da es sonst leicht zusammenbackt oder schimmlig wird.

Für Steine, die sich auf diese Weise nicht zertrümmern lassen, giebt es kein anderes Mittel, um eingesprengte organische Reste zu erkennen, als sie zu schleifen.

XXII.

Benetzung und Bedeckung.

Ist ein Gegenstand genügend vorbereitet, so wird er auf ein Glastäfelchen, den sogenannten Objectträger, gebracht. Bei größeren Gegenständen bietet dies keine Schwierigkeiten, allein sehr kleine und zerbrechliche Sachen, die sich nicht mit der Pincette anfassen lassen, muß man entweder mit einer Pipette aus der Flüssigkeit nehmen, oder wenn hierzu zu wenig Flüssigkeit da ist, nimmt man einen sogenannten Saugpinsel, dessen oberflächliche Haarlagen man in halber Höhe abgeschnitten hat (siehe Fig. 349).



Fig. 349.

Fast in allen Fällen, wo der Gegenstand bei durchfallendem Licht betrachtet werden soll, unterlasse man es nicht, ihn mit Wasser zu befeuchten, da der große Unterschied zwischen Luft und festen Körpertheilen in Bezug auf Brechung der Lichtstrahlen in Verbindung mit den mannigfachen Spiegelungen, welche eine ungleiche Oberfläche besitzt, keinen solchen Einblick in die Beschaffenheit des Gegenstandes gestattet, wie im Falle der Benetzung mit Wasser. Handelt es sich jedoch gleichzeitig um Aufhellung eines Gegenstandes, so tritt an die Stelle des Wassers eine der im Capitel 19 angeführten Flüssigkeiten.

Gesetzt den Fall, man habe Elementartheile aus einem sehr zarten Umhüllungshäutchen, in das organische Substanzen in ziemlich concentrirtem Zustand gefällt sind, also z. B. die Embryonalzellen, die Nervenröhren, besonders die vom Gehirn und Rückenmark, namentlich aber Blutkörperchen- und die zarten Gebilde der Sehhaut des Auges, so ist eine Benetzung mit Wasser aus dem Grunde unzulässig, weil dasselbe rasch verändernd einwirkt auf alle diese Zellformen. In diesem Fall hilft man sich dadurch, daß man zur Befeuchtung entweder die Flüssigkeiten wählt, in denen die betreffenden Zellen während ihres Lebens sich aufhalten, oder künstlich zusammengesetzte Mischungen bereitet. Blutkörperchen betrachtet man nur in der Blutflüssigkeit selbst, die Sehhaut des Auges befeuchtet man mit der Glasflüssigkeit desselben Organs, die Körperbestandtheile niederer Thiere befeuchtet man, wenn sie empfindlich sind, nur mit dem Blute desselben Thieres, das, weil es keine gefärbten Zellen enthält, die Sichtbarkeit der Theile nicht beeinträchtigt, und endlich von künstlichen Flüssigkeiten nenne ich verdünnte Zucker- oder Gummilösung (1 Theil auf 50 Theile Wasser), endlich das neuerdings empfohlene sogenannte Jodserum, das man bereitet, indem man die Amniosflüssigkeit (Fruchtwasser, wie es den Hohlraum der Hüllen eines Embryo erfüllt) durch einen geringen Zusatz von Jodtinctur vor Fäulniß bewahrt. Man nimmt am besten die Amniosflüssigkeit junger Wiederkäuerembryonen und setzt so viel Jod zu, bis die Flüssigkeit ungefähr die Farbe des Urins hat.

Unter Umständen kann es angezeigt sein, einen Gegenstand offen unter das Vergrößerungsglas zu bringen, einmal wenn man noch an ihm zu präpariren hat, dann wenn man Druck zu vermeiden wünscht, allein in vielen Fällen ist es besser, die Sache mit einem sogenannten Deckgläschen zu überlegen. Dies ist namentlich geboten, wenn man die Verdunstung der Benetzungsflüssigkeit beschränken will, sei es wie bei Säuren und Alkalien aus schonender Rücksicht für das Mikroskop, sei es mit Rücksicht auf die Veränderungen, die durch das Auftrocknen in dem Gegenstand hervorgerufen werden. Dann

wirkt das Deckglas insofern optisch günstig, als mit seiner Hilfe eine vollkommne Ebnung des Gegenstandes hervorgebracht wird. Ferner kann es von Werth sein, einen gelinden Druck auszuüben, um die Theile von einander zu entfernen und die Durchsichtigkeit zu erhöhen. Will man ein Deckglas anwenden und doch die Quetschung des Gegenstandes vermeiden, so legt man Haare, Papier- oder Korkstreifen zwischen Deckglas und Objectträger.

Zum Bedecken verwendet man in der Regel die käuflichen Glasplättchen, und man reicht auch mit ihnen ziemlich weit, allein mitunter kann es sich ereignen, daß die Bedeckung mit dünneren Plättchen wünschenswerth ist, und dann bedient man sich gespaltenen Glimmers. Bei einiger Vorsicht gelingt es einem, Plättchen zu gewinnen von ganz außerordentlicher Feinheit.

Man darf jedoch nicht übersehen, daß ein solches Deckgläschen ein optisches Element ist, d. h. auf den Gang der Lichtstrahlen abändernd einwirkt. Denken wir uns, in der Figur 350 sei A B der



Fig. 350.

Durchschnitt einer Glasplatte und von dem leuchtenden Punkt (a) gehe ein Lichtkegel aus. Die äußersten Strahlen dieses Kegels (a b und a c) werden beim Uebergang in's Glas am stärksten gebrochen, weil sie unter den spitzigsten Winkeln auf die Oberfläche treffen. Nach dem Wiederaustritt aus dem Glase werden sie in der Luft in den Richtungen f l und g s fortgehen, also so, als ob sie von dem Punkte o ausstrahlten. Die mehr nach innen nahe der Axe (a p) auffallenden Strahlen (a d und a e) gehen auf der andern Seite in der Richtung h m und i n fort, also so, als kämen sie von dem tiefer liegenden

Punkte r. Denke sich der Leser dies für alle möglichen Strahlen fortgesetzt, so werden für ein Auge, das die von a kommenden Strahlen nach dem Durchtritt durch die Glasplatte aufnimmt, dieselben nicht nur scheinbar von einem Punkte kommen, welcher dem Glase näher, ja selbst in dem Glas liegt, sondern der leuchtende Punkt wird sich als eine Reihe solcher darstellen, die in einer Axe über einander liegen. Denken wir uns dies auf einen Gegenstand ausgedehnt, so wird von ihm eine Reihe sich deckender Bildchen entstehen, was die Deutlichkeit des Sehens in ähnlicher Weise beeinträchtigt, wie die früher beschriebene kugelige Abweichung der Linsen.

Bei mäßigen, etwa 20—60maligen Vergrößerungen ist dieser Uebelstand noch nicht bemerkbar, da aber mit der Vergrößerung des Bildes auch der Raum vergrößert wird, in dem der Dicke nach diese Bildchen über einander liegen, so muß dieser Umstand sich deutlicher fühlbar machen, sobald man stärkere Vergrößerungen benutzt. Es wird in solchem Fall das Bild bei Anwendung eines Deckgläschens neblig sein und dadurch entschwinden manche Einzelheiten.

Um diesem Uebelstand abzuhelfen, ist eine veränderte Stellung der Linsen des Objectivs nöthig. Es muß die unterste Linse den andern näher gebracht werden, wenn ein Deckglas aufgelegt wird, als wenn der Gegenstand unbedeckt bleibt, und zwar richtet sich dies ganz nach der Dicke des Deckglases. Allerdings kann sie in gewissen Grenzen wechseln, ohne dem Bild erheblichen Schaden zu verursachen.

In der Praxis haben die Optiker zweierlei Wege eingeschlagen. Entweder hat man eine Reihe verschiedenartiger Objective mit fest verbundenen Linsen angefertigt, die ausdrücklich für Deckgläschen von verschiedener Dicke bestimmt und eingerichtet sind, und andere zur Beobachtung ohne Deckglas. Der zweite Weg ist der, das Objectivsystem so einzurichten, daß man selbst nach Belieben die Distanz der Linsen wechseln kann. Die einfachste Vorrichtung haben die Plößl-schen Mikroskope, indem deren unterste Linse einfach hervorgezogen und zurückgedrückt werden kann, wobei ein kleiner Schraubenkopf und ein entsprechender Einschnitt in der Röhre eine willkürliche Be-

wegung zwischen zwei Grenzen zuläßt. Die englischen Fabrikanten haben eine complicirtere Vorrichtung erfunden, die eine höchst genaue Einstellung ermöglicht. Figur 351 zeigt ein solches Objectivsystem im Längsschnitt. Der Spielraum der Bewegung ist durch den schraffirten Zwischenraum (i) in der äußersten Röhre angezeigt. Die Verschiebung geschieht, indem man den Ring (CC) dreht. Auf diesem befindet sich eine Gradeintheilung, die gestattet, die Distanz auf's allergenaueste zu regeln, je nachdem das Object bedeckt oder unbedeckt ist, und je nach der Dicke des Objectglases. Beim Gebrauch solcher Objective ist es natürlich nothwendig einmal zu wissen, auf welchen Theilstrich einzustellen ist, wenn man ein Deckglas von bestimmter Dicke anwendet, und dann zu wissen, wie dick das Deckglas selbst ist. Für das letztere hat man den sogenannten Robert'schen Apparat (siehe Fig. 352):

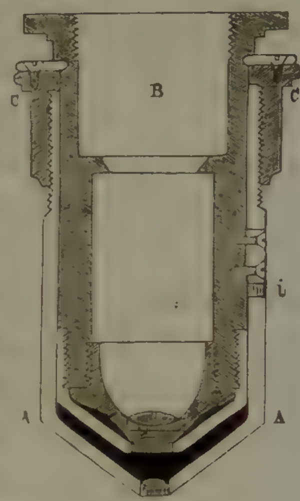


Fig. 351


Fig. 352

zwei keilförmig zusammenlaufende Messingstreifen, zwischen die das Deckglas eingeschoben wird, bis es anstößt; der auf dem unteren Streifen (b) aufgetragene Maßstab giebt die genaue Dicke an. Für die Behandlung des verschiebbaren Linsensatzes erhält man von dem betreffenden Optiker die gedruckte Anleitung.

XXIII.

Lebende Gegenstände unter dem Vergrößerungsglas.

Unter allen Gegenständen mikroskopischer Anschauung haben unstreitig die Infusorien die größte Berühmtheit erlangt. War's schon natürlich, daß es den Naturforscher in Aufregung versetzte, als er auf einmal eine ganz neue Schöpfung entdeckte da, wo man früher nur leblose Stoffe zu haben wähnte, um wie viel mehr mußte die Verkündigung einer solchen Entdeckung einen tiefen Eindruck auf alle diejenigen machen, die nicht abgestumpft waren für das, was den Menschen umgiebt. Deshalb ist's natürlich, daß Jeder, der zum Erstenmal an ein Mikroskop herantritt, vor Allem den Wunsch laut werden läßt, einen Blick auf jene Welt geheimnißvoller Wesen zu thun, von denen er so oft hörte und las und die von Angesicht zu Angesicht zu sehen es nur ein Mittel giebt, das Instrument, vor dem er steht. Als ich im ersten Abschnitt von den Infusorien sprach, habe ich Fingerzeige gegeben, wo und wie man diese Geschöpfe zu suchen habe, das dort Gesagte muß nun jetzt seine Ergänzung finden durch einige Angaben über die Kunstgriffe, deren man sich bedient, um die mannigfachen Schwierigkeiten zu überwinden, die dem Sehen so beweglicher Gegenstände, wie es die Infusorien sind, entgegenstehen. Wie ich schon mehrmals zu erwähnen Gelegenheit hatte, wächst mit der Vergrößerung eines Gegenstandes auch die Schnelligkeit seiner Bewegung und bei dem engen Sehfeld, über das ein Vergrößerungsglas gebietet, die Gefahr des Verschwindens. Es erwachte also frühzeitig das Bedürfniß auf Mittel zu sinnen, die diesem Uebelstand begegnen. Der Astronom, der mit dem Fernrohr arbeitet und dem es mit den Sternen ähnlich geht, wie mit den Infusorien, daß sie ihm zu rasch über's Sehfeld huschen, hat sich ein mechanisches Getriebe erfunden, das seinem Fernrohr die gleiche

Bewegung mittheilt, wie die des Sterns und so wurde es ihm ein Leichtes, seinen Himmelskörper im Auge zu behalten. Der Mikroskopiker ist nicht in gleich günstigem Falle. Das planlose Umhertummeln der Infusorien spottet jeder Anwendung mechanischer Hilfsmittel und hier giebt es außer der Handfertigkeit, die nur im Gefolge längerer Uebung sich einstellt, nur Mittel, den Gegenstand selbst in seiner Bewegung zu hemmen. Im Ersteren, d. h. in der Sicherheit, durch Handbewegung das Objectglas so zu verschieben, daß der Gegenstand immer im Sehfeld bleibt, kann man es zu einer großen Vollkommenheit bringen und zwar um so eher, weil nicht blos lebende Wesen diese Anforderung an den Beobachter stellen, sondern auch mehr oder weniger die todten Gegenstände. Es war mir z. B. nach verhältnißmäßig kurzer Uebung möglich, der Bewegung eines Infusoriums so zu folgen, daß es im Sehfeld vollständig auf der Stelle zu marschiren schien. Am leichtesten geht es natürlich bei denen, die mehr geradaus schwimmen, aber immerhin bleibt es eine Sache, die die Aufmerksamkeit so anspannt, daß man ermüdet und sich nach Mitteln umsieht, den gleichen Erfolg auf anderem Wege zu erzielen. Es muß als Curiosum erwähnt werden, daß man sich eine Zeitlang des elektrischen Funkens bediente, um die umherschießenden Infusorien zum Stillehalten zu zwingen. Man tauchte in die Flüssigkeit zwischen Deckglas und Objectträger zwei Drähte, die mit ihren Spitzen sich nahezu berührten und nach rückwärts mit einer Batterie in Verbindung standen. Wurde nun durch den Druck auf einen Taster die Kette geschlossen, so kreuzte ein elektrischer Schlag den Raum zwischen den zwei Metallspitzen und ein Infusorium, welches in diesem Moment zwischendurch passirte, blieb vom Blitz getroffen liegen. Abgesehen davon, daß das eine sehr umständliche Sache ist, war es auch schwierig, die Stärke des elektrischen Stroms so zu reguliren, daß das Infusorium wohl getödtet, aber nicht zerrissen wurde. Aus dem Grund und auch darum, weil nicht Jeder geübt ist, mit solchen Apparaten umzugehen oder in der Lage, sie zu besitzen, möchte ich auf diese Methode wenig Werth legen. Da-

gegen giebt es zwei andere, mit denen man ziemlich viel ausrichtet.

Die eine ist: man lege ein Löckchen feiner Haare oder was man bei Infusorienuntersuchungen doch meist zur Hand hat, ein Büschelchen Confervenfäden oder endlich ein Stückchen feinsten Nesseltuches in den zu untersuchenden Wassertropfen und das Deckglas darüber. Hat man es mit größeren Infusorien zu thun, so werden diese in den Maschen der Haare oder Fäden meist vollkommen gefangen gehalten und die Gefahr, sie aus dem Gesichtsfeld zu verlieren, ist dann beseitigt. Bei kleineren Infusorien ist dies wohl nicht der Fall, sie finden immer noch Raum genug sich zwischen durchzudrängen, allein da der Widerstand, auf den sie stoßen, sie zwingt, entweder auf Augenblicke still zu halten oder tastend und bohrend eine Weile in engem Raum sich zu bewegen, so verschafft man sich immer Augenblicke, in denen behagliche Beschauung möglich ist.

Die zweite Methode ist die, die Thiere zwischen Deck- und Objectglas wirklich festzuklemmen. Es gelingt dies natürlich auch nur für solche Infusorien, die nicht allzu klein sind und man muß ein sehr ebenes Deckgläschen dazu haben. Die Methode ist einfach. Man bringt an den Rand des Objectglases ein Streifchen Fließpapier, dies saugt die Flüssigkeit, in der die Infusorien schwimmen, an, und durch fortgesetztes Auflegen von kleinen Fließpapierstückchen kann man die Flüssigkeitsschicht zwischen beiden Gläsern so verdünnen, daß das Thier gequetscht wird. Statt des Fließpapiers kann man auch den oben in Figur 349 abgebildeten Saugpinsel verwenden, den man zuerst zwischen den Fingern auspreßt und dann am Deckgläschen saugen läßt. Größere Infusorien kann man auf diese Weise bis zum Aufheben jedes Zusammenhangs zerquetschen und zwar ganz allmählig, und dabei alle Geschehnisse in Ruhe verfolgen. Natürlich ist, daß jede Quetschung die Umrisse des Thieres verändert, daß man also über diese sich nur orientiren kann, während das Thier sich ungehindert bewegt.

Man hat auch noch andere Mittel anempfohlen, um die Be-

wegungen kleiner Thiere zu beschränken. Bringt man etwas Aether oder Chloroform neben einen Wassertropfen, worin sich Infusorien befinden, so werden die Thierchen allmählig ruhig, und wenn nicht auf's Erstemal, so doch, wenn man nach der Verdunstung des Aethertropfens einen neuen hinzu giebt. Doch leisten selbst da manche kleine Thiere, z. B. die Anguillula-Arten, noch lange Zeit Widerstand. In solchen Fällen kommt man besser zum Zweck, wenn man dem Wasser andere Substanzen beimengt, die dem thierischen Leben nachtheilig sind, z. B. salpetersaures Strychnin, wässerigen Opiumauszug oder Kirschlorbeerwasser. Wie stark die Beimischung sein soll, hängt natürlich ganz vom einzelnen Fall ab und andererseits ist zu bemerken, daß manche Thiere sofort sterben, und dann ändert sich meistens sogleich ihre Gestalt und innere Zusammensetzung.

An die Infusoriensuche schließen sich unmittelbar die Fälle an, wo es einem darum zu thun ist, kleine lebende Organismen, seien es Thiere oder Pflanzen, durch längere Zeit in einem Behältniß lebendig zu erhalten, das gestattet, alle Vorkommnisse an ihnen stets mit dem Mikroskop zu überwachen. Hauptsächlich kommt dies vor, wenn man sich über Fortpflanzung und Entwickelung unterrichten will. Hier ist vor Allem nöthig, sich einen passenden Behälter entweder selbst zu fertigen oder fertigen zu lassen. Am einfachsten geschieht dies, indem man sich aus einer Platte von vulkanisirtem Kautschuk mittelst Durchschlag einen Ring von passender Größe verfertigt und diesen mit Canadabalsam auf einen Objectträger festkittet, sowie es Figur 353 a zeigt. Solidere Gefäße gewinnt man auf einem



Fig. 353 a.

etwas umständlicheren Wege. Man nimmt eine vierkantig gequetschte Glasröhre von stark Daumendicke mit etwa linienstarker Wandung und schneidet sich am besten mit der Sprengkohle einen möglichst

schmalen Ring ab. Der wird dann mit Schmirgel an beiden Seiten eben geschliffen und gleichfalls mit Canadabalsam auf einen Objectträger gekittet. Das Ganze nimmt sich dann aus, wie Figur 353 b.



Fig. 353 b.

In solchen Trögen lassen sich Organismen, die im Wasser leben, lange erhalten, wenn der Trog mit einem Deckglase geschlossen ist und das Ganze in einem Raum sich befindet, der die Verdunstung an den Rändern des Deckglases verhindert.

Als Dunstkammer kann man jedes verschließbare Wassergefäß benutzen, in welchem man einen Rost anbringt, auf dem der Trog ruht. Will man aber, um fortgesetzt beobachten zu können, den Trog unter der Mikroskopröhre stehen lassen, so muß man zu einem anderen Mittel greifen, um die Verdunstung zu beseitigen. Man sprengt sich von einem Lampencylinder, der genau so weit ist, daß er die Mikroskopröhre faßt, ein Stück von entsprechender Länge ab, schleift es an einem Ende eben und setzt es so auf den Trog, daß die Mikroskopröhre die obere Oeffnung schließt (siehe Fig. 354). Zur Vorsorge kann man noch an die innere Seite des Cylinders einige befeuchtete Fließpapierstreifen anlegen, und durch ein Paar Tropfen Oel, die man zwischen das untere Ende des Cylinders und den Objectträger bringt, luftdicht abschließen. Mit einer solchen Feuchtigkeitskammer erspart man sich viele Tage lang das Nachfüllen von Wasser und das ist namentlich dann wichtig, wenn es sich, wie bei Züchtungsversuchen mit mikroskopischen Pilzen, nebstbei darum handelt, daß keine anderweitigen Sporen dazu kommen, die im Stande sind, Täuschungen zu veranlassen.

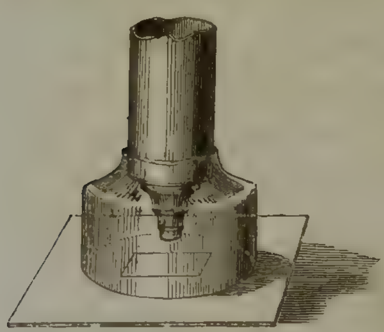


Fig. 354.

Will man solche Beobachtungen mit Thieren anstellen, so darf man nicht übersehen, daß diese zu ihrer Nahrung des Sauerstoffs bedürfen und es ist deshalb gerathen, mit ihnen zugleich einige grüne Confervenfäden einzuschließen, die Sauerstoff abscheiden. Natürlich ist da Gefahr vorhanden, Fremdes mit hineinzubekommen, das durch seine Weiterentwicklung Anlaß zu Täuschungen geben kann, wenn man nicht sorgfältig Alles, was darin beisammen ist, überwacht.

Ich habe das Vorstehende niedergeschrieben weniger in der Voraussetzung, meinen Lesern damit einen praktischen Dienst zu erweisen — denn ich glaube, daß wenige derselben sich auf solche spitzfindige Untersuchungen einlassen werden — sondern mehr um vor dem Leser ein Bild zu entrollen von der Thätigkeit eines Mikroskopikers, um ihm zu zeigen, mit welchen Schwierigkeiten er zu kämpfen hat und wie er wissen muß, diese mit den einfachsten Mitteln zu überwinden, wie er endlich stets sich gegenwärtig zu halten hat, daß und wie Täuschungen entstehen können, damit das, was er zu Tage fördert, vorwurfsfreie Wahrheit sei.

XXIV.

Saftströmungen.

Außer der Infusoriensuche giebt es noch eine andere Reihe von Fällen, in denen man es mit Bewegungserscheinungen zu thun hat, nur handelt es sich hier nicht darum, sie zu hindern, sondern im Gegentheil darum, sie zu ungestörter Anschauung zu bringen. Dahin gehören die Bewegungen der Sarkode oder des sogenannten Protoplasma, die Rotation des Zellsaftes bei den Pflanzen und der Blutumlauf bei den Thieren.

Bei Amöben, Wurzelfüßern und andern aus Sarkode bestehen-

den niedern Organismen, die im Wasser leben, bedarf es keiner Vorsichtsmaßregeln. Anders ist's aber bei den Bewegungen derjenigen Sarkodezellen, die Bestandtheile eines zusammengesetzteren Organismus sind. Bei ihnen ist es von entscheidender Wichtigkeit, daß sie in derselben Flüssigkeit beobachtet werden und daß diese vor Verdunstung geschützt wird. Man hat also hier die oben in Figur 354 abgebildete und beschriebene Dunstkammer zu benutzen. Weiter hat man die Beobachtung gemacht, daß die Temperatur von wesentlichem Einfluß auf derartige Bewegungen ist. So entstand das Bedürfniß, auch über diese gebieten zu können und man erfand den in Figur 355 abgebildeten heizbaren Objecttisch. Die Figur ist $^1/_1$ der natürlichen Größe, und zeigt dieses Instrument von unten gesehen. Das Ganze ist von Messing und trägt unten zwei Holzleisten (a a), damit ein elastischer Körper zwischen die zwei Metallplatten zu liegen kommt, wenn der Apparat auf dem gewöhnlichen Objecttisch des Mikroskops mit Klemmschrauben festgemacht wird. Der schraffirte Raum zwischen den beiden Holzleisten ist ein metallischer Behälter mit einer Blendungsöffnung (d) in der Mitte. In ihm verläuft die spiralige Quecksilberröhre, die sich dann auf die Metallplatte (c) fortsetzt. Der Tisch selbst hat zwei winklig abgebogene große metallene Flügel (b b). Beim Gebrauch stellt man unter diese beiden Flügel je ein Weingeistlämpchen, und die auf der Platte (c) angebrachte Gradeintheilung zeigt dann die Temperatur an, welche der Objecttisch besitzt. Willkürliche Steigerung und Herabminderung der Temperatur wird dadurch zu Stande gebracht, daß man die Weingeistlampen dem Knie, welches die Flügel (b b) mit dem Objecttisch verbindet, entweder näher oder ferner rückt. Die entsprechende Temperatur, bei der diese Bewegungserscheinungen am ungetrübtesten zur Aeußerung kommen, ist die Blutwärme des betreffenden Thieres.

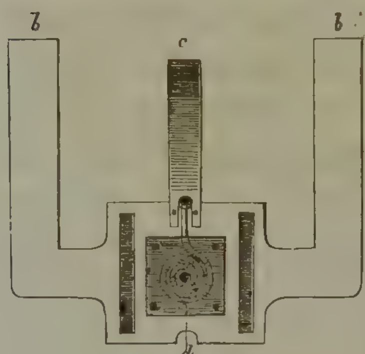


Fig. 355.

Wer die Rotationen des Zellsaftes zu sehen wünscht, braucht nur eine ungequetschte Pflanzenzelle, z. B. die zarten Wurzelhaare des Froschbisses, die Staubfadenhaare von Tradescantia virginica (siehe oben Fig. 238), die Brennhaare der Brennnessel oder die Zellen verschiedener Chara- und Nitella-Arten, endlich auch die in Aquarien so gebräuchliche Vallisneria mit Wasser befeuchtet unter's Mikroskop zu bringen. Bei den ersteren muß dafür gesorgt werden, daß die Zellen keinen Druck durch das Deckplättchen erleiden; bei den Vallisnerien empfiehlt es sich, die ganze unverletzte Pflanze in einem Wasserglas neben dem Mikroskop so aufzustellen, daß ein Blättchen sich bequem auf den Objectträger bringen läßt. Das Gleiche wie von der Vallisneria gilt für die Bewegung in den Milchsaftgefäßen mancher Pflanzen. Man sieht sie wohl ohne viel Mühe in den abgebrochenen durchsichtigen Theilen derselben, z. B. in den Schutzblättchen von Ficus elastica, in den jungen Kelchblättern von Chelidonium majus; allein mit völliger Sicherheit läßt es sich nur in den Organen beobachten, die mit der lebenden Pflanze noch in unmittelbarem Zusammenhang sind. Man stellt deshalb die Pflanze in einem Blumentopf zur Seite des Mikroskops so auf, daß der Theil, der vermöge seiner geringen Dicke eine dem Zweck entsprechende Durchsichtigkeit besitzt, ohne Zwang auf die Objecttafel des Mikroskops gebracht werden kann. Will man die Durchsichtigkeit erhöhen, so taucht man den betreffenden Theil in einen seichten, aber ziemlich großen Glastrog, pinselt ihn von allen Luftblasen rein und deckt dann eine entsprechende Glastafel darüber.

Um den Blutumlauf bei Thieren zu beobachten, wähle man nur solche Organe und Thiere, bei denen schon von Natur Durchsichtigkeit genug vorhanden ist. Hierzu eignen sich die Schwänze von kleinen Fischen und Froschlarven, und ganz vorzüglich die Dottersäcke frisch ausgeschlüpfter Forellen, endlich Junge und Schwimmhaut des Frosches. Kleine Fischchen und Larven liegen manchmal ohne alles Weitere lange genug still, so daß man nicht nöthig hat, sie zu befestigen. Sollten sie sich aber ungeberdig zeigen, so wickelt man das

Thierchen in ein Stückchen feines Fließpapier, jedoch ohne den Körper zu stark zu quetschen. Den Schwanz selbst, in dem man beobachten will, läßt man frei und belegt ihn mit einem Deckglas.

Wie zu allen physiologischen Experimenten muß der Frosch auch zur Beobachtung des Blutumlaufes unter dem Vergrößerungsglas herhalten, allein seine bekannte Muskelenergie macht die Construction einer ordentlichen Zwangsjacke nothwendig, und ohne sogenannte Thierquälerei geht es dabei nicht ab. Ich habe in nachstehender Figur 356

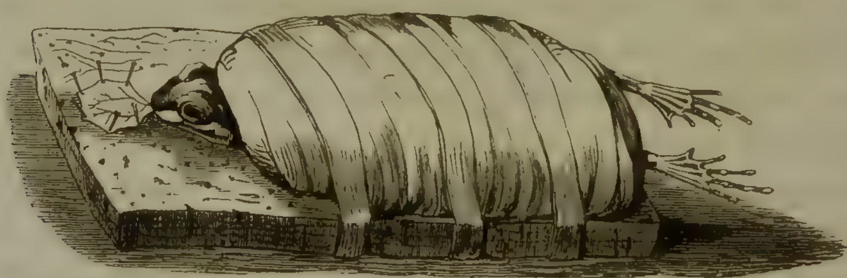


Fig. 356.

einen so geknebelten Frosch abbilden lassen. Seine Hinterbeine werden gestreckt, und dann macht man ein Wickelkindchen aus ihm, das mit ein Paar Kautschukringen auf eine Korkplatte befestigt wird. An der Stelle, wo die mit Nadeln ausgespannte Zunge des Thiers liegt, hat die Korkplatte ein Loch, um das Licht durchfallen zu lassen. Will man den Blutumlauf in der Schwimmhaut beobachten, so bringt man den Fuß über die Oeffnung in der Korkplatte, und spannt ihn in gleicher Weise mit Nadeln aus. Man kann beim Frosch selbst in den Lungen und dem Gekröse den Blutumlauf beobachten. Natürlich muß man immer für Benetzung des betreffenden Körpertheils Sorge tragen, weil bei Vertrocknung der Blutumlauf aufhört.

XXV.
Präparate.

Die Schwierigkeit oder wenigstens Umständlichkeit, Natur- oder Kunstproducte für mikroskopische Anschauung vorzubereiten, wird Jeden, der, wenn auch nur zu seinem Vergnügen, das Vergrößerungsglas handhabt, wünschen lassen, das einmal gewonnene Bild dauernd festzuhalten. Dieses Bedürfniß hat in der neueren Zeit sich so sehr gesteigert, daß es bereits ein Geschäftszweig geworden ist, mikroskopische Präparate herzustellen. Auf dem Continent sind es hauptsächlich zwei Institute, die sich mit der Anfertigung solcher Sammlungen befassen, das Institut von Engell in Zürich und Bourgogne in Paris. Auch englische Firmen versehen den Markt mit Präparaten. Der Vertrieb ist so geregelt, daß bei den meisten Optikern Sortimente von solchen Präparaten deponirt sind.

Es ist keine Frage, daß diese Institute es zu einer Vollendung und Eleganz in ihren Erzeugnissen gebracht haben, welche ein Mikroskopiker, der zu seinem Privatgebrauch arbeitet, nicht leicht erlangt. Hier ist es gerade so, wie bei allen technischen Arbeiten: das Princip der Arbeitstheilung ermöglicht die Erlangung außerordentlicher Fertigkeit, weil der Wirkungskreis ein beschränkterer ist. Abgesehen von der Eleganz besteht der Vortheil der käuflichen Präparate noch in etwas Anderem. Es giebt eine Reihe von Gegenständen, bei denen die vorhergängige Behandlung einen ziemlichen Aufwand von Zeit, Mühe und Genauigkeit erfordert, die aber dann so viel zubereitetes Material liefert, daß mit leichter Mühe Dutzende von Präparaten aus dem vorbereiteten Stoffe anzufertigen sind. Wenn ich beispielsweise einen Regenwurm genügend vorbereitet habe zur Abnahme von Querschnitten, so liefert mir jeder Messerzug ein brauchbares Präparat, und ich fertige mit leichter Mühe eine ganze Reihe solcher an.

Der einzelne Sammler braucht natürlich nur ein Paar Querschnitte, den Rest wirft er weg, was einer Vergeudung von Zeit und Mühe gleichkommt.

Ferner giebt es eine Reihe mikroskopisch interessanter Gegenstände, namentlich aus der niedern Thier- und Pflanzenwelt, bei denen es für den Einzelnen schwierig ist, sich dieselben zu verschaffen. Nun genügt fast immer ein einziges Fundstück, um Hunderte von Präparaten daraus herzustellen, was ihm natürlich wieder nichts nutzt, da er mit einigen Stücken genug hat. In allen solchen Fällen fährt selbst der, dem die Anfertigung von Präparaten vollkommen geläufig ist, besser, sich für wenige Groschen die Präparate zu kaufen, ehe er sich der Mühe unterzieht, sie selbst anzufertigen.

Die Institute, welche den Markt mit Präparaten versehen, haben übrigens einen ziemlich eng begrenzten Kreis; sie beschränken sich auf Gegenstände, welche weniger der Verderbniß ausgesetzt sind und zu ihrer Auffindung weder wissenschaftliche Kenntnisse noch schwierige Präparationsmethoden von Fall zu Fall erfordern, sie liefern also z. B. keine Präparate von Organen, die in jedem einzelnen Fall aufgefunden und mühsam auspräparirt werden müssen, sondern eben nur das, was eine Behandlung im Großen zuläßt. Nebstbei bringt es die Geschäftsraison mit sich, daß sie ihr Hauptaugenmerk auf Gegenstände richten, die zierliche Bilder gewähren und daß sie solche Dinge unberücksichtigt lassen, die, ohne für's Auge gefällig zu sein, nur für das Verständniß eine wichtigere Rolle spielen.

Um den hieraus erwachsenden Mängeln eine Abhilfe zu schaffen, hat man Tauschvereine gegründet. Die Mitglieder derselben haben den Vortheil, daß, wenn ihnen eine gelungene Präparationsmethode die Möglichkeit verschafft, leicht Dutzende von gleichartigen Präparaten anzufertigen, sie diesen Ueberschuß zum Tausch gegen Anderartiges verwenden können. Die Bedingung, unter der man diesen Tauschvereinen beitreten kann, ist die, daß man das gleiche Format und die gleiche Adjustirung annimmt; weiter selbstverständlich ist, daß man sich bereits einige Fertigkeit erworben hat, verläßliche, d. h. solche

Präparate anzufertigen, die möglichst wenig der Verderbniß ausgesetzt sind.

Ich glaube, es entspricht dem Zweck der vorliegenden Schrift, das Wichtigste anzugeben, wie man sich dauerhafte mikroskopische Präparate anfertigt, und dem will ich in den zwei nächsten Capiteln genügen.

XXVI.

Aufbewahrungsflüssigkeit.

Im Allgemeinen richtet sich die Einschließungsflüssigkeit nach der Natur des Gegenstandes, den man aufzubewahren wünscht — worüber sogleich Näheres — allein, sobald dieser nicht eine ganz bestimmte Flüssigkeit verlangt, sondern die Wahl zwischen mehreren zuläßt, wähle man immer diejenige, welche am wenigsten der Verdunstung oder dem Ausfließen ausgesetzt ist. Denn das sind zwei Hauptgefahren für ein Präparat.

Am dauerhaftesten sind diejenigen Gegenstände aufbewahrt, die in Balsam eingeschmolzen sind und hierzu benutzt man seit lange den schon bei Gelegenheit der Schliffe erwähnten Canadabalsam. Er ist eine so wichtige Einschließungsmasse, daß ich es für zweckmäßig halte, etwas umständlicher von ihm zu sprechen. So wie man ihn zu kaufen bekommt, kann er nicht ohne Weiteres verwendet werden, da er etwas zu dickflüssig ist und vielfache Unreinigkeiten besitzt. Um ihn rein zu erhalten, verdünnt man ihn mit etwas Terpentinöl und hängt das Gefäß, in dem er sich befindet, in kochendes Wasser, bis er gleichmäßig dünnflüssig ist. Die schwereren Unreinigkeiten setzen sich jetzt zu Boden, die leichteren — Holzbestandtheile und Luftblasen — steigen an die Oberfläche und so ist man dann in Stand gesetzt,

einen klaren Balsam abzugießen. Da man das Gefäß nicht mit einem Stöpsel verschließen kann, so ist es am zweckmäßigsten, es mit einer Glasglocke bedeckt zu halten, um weitere Verunreinigungen zu verhüten. Das Einschließen geschieht entweder unter Erwärmung, wodurch gleichzeitig der Balsam dergestalt eingedickt wird, daß er beim Erkalten erstarrt. Dies ist natürlich nur anwendbar bei Gegenständen, die durch die Erwärmung sich nicht verändern, also besonders bei Schliffpräparaten, Mineralien, Fossilien, Kiesel- und Kalkgerüsten. Kann man den Balsam genügend eindicken, so ist das Deckglas am Ende entbehrlich, besser ist es aber immer ein solches anzuwenden. Man hat dann nur darauf zu achten, daß das Deckgläschen gut aufgeschmolzen ist. Am zweckmäßigsten fand ich folgendes Verfahren. Wenn der Balsam auf dem Objectglas genügend eingedickt ist, lasse man ihn erkalten, dann schmelze man auf das Deckgläschen ebenfalls ein kleines Tröpfchen Balsam auf und lasse dies gleichfalls erkalten, beobachte aber sowohl bei Deck- als Objectglas, dieselben während des Erkaltens so zu halten, daß die Seite des Glases, auf der der Tropfen sich befindet, nach abwärts gerichtet ist. Man erreicht dadurch, daß er in der Mitte dicker ist, als an den Rändern. Jetzt legt man das Deckglas so auf, daß die beiden Tropfen mit ihren Spitzen aneinander kleben und bringt das Ganze zur Erwärmung über die Weingeistlampe. Sobald der Schmelzpunkt eintritt, werden sich die beiden Tropfen vereinigen, ohne daß irgend eine störende Luftblase sich einstellt. Ein leichter Druck auf das Deckglas, so lange der Balsam flüssig ist, wird den Inhalt des Tropfens in eine Ebene bringen. Was dabei von Balsam an den Rändern des Deckglases hervorgequollen ist, wird nach dem Erkalten abgeschabt und der Rest mit etwas Terpentinöl abgewaschen. Ein solches Präparat ist vollkommen rein und von so zu sagen ewiger Dauer.

Eine ganz vorzügliche Einschließungsflüssigkeit ist der Damarfirniß, wie er in den Kunsthandlungen käuflich zu haben ist. Die einzige Manipulation, die ich anempfehlen möchte, ist die, ihn etwas einzudicken, da der käufliche fast so leicht fließt wie Wasser. Da er

sehr rasch trocknet, so kann man es durch Verdunstung in einem flachen Gefäß vor sich gehen lassen. Mit ihm kann man beinahe ebenso dauerhafte Präparate verfertigen, wie mit dem Canadabalsam; er braucht gleichfalls keine anderweitige Verkittung des Präparats und hat nebstdem den großen Vorzug, daß das Erwärmen überflüssig ist. Er wird dünnflüssig aufgetragen und man läßt eine oder zwei Schichten eintrocknen, ehe man das Deckglas anwendet. Da dieser Firniß ziemlich rasch auftrocknet, so kann man etwa am zweiten oder dritten Tag das Deckglas mit einer neuen Firnißschicht auflegen. Er erhärtet jetzt an den Rändern des Deckglases vollständig, während er in der Mitte eine zäh weiche Consistenz behält. Wenn der aufbewahrte Gegenstand eine bedeutendere Dicke hat, so kann es vorkommen, daß beim Eintrocknen der Firniß so weit schrumpft, daß Luft unter das Deckglas kommt. Dem beugt man einfach damit vor, daß man einen Ueberschuß von Firniß die Ränder des Deckglases umfließen oder neuen Firniß nachdringen läßt, wo der alte sich zurückgezogen hat.

Diese Aufbewahrungsmethode ist nicht nur für alle Fälle anwendbar, in denen man Canadabalsam verwenden kann, sondern ich habe mit großem Vortheil von ihr Gebrauch gemacht bei Schnitten von Hölzern, überhaupt härteren Pflanzentheilen, so wie für erhärtete und mit Carmin gefärbte thierische Theile, z. B. für Eingeweidewürmer, Echinodermen, Regenwürmer ꝛc. Beschränkt wird sein Gebrauch eben nur durch die Fälle, wo er die Gewebe zu durchsichtig macht.

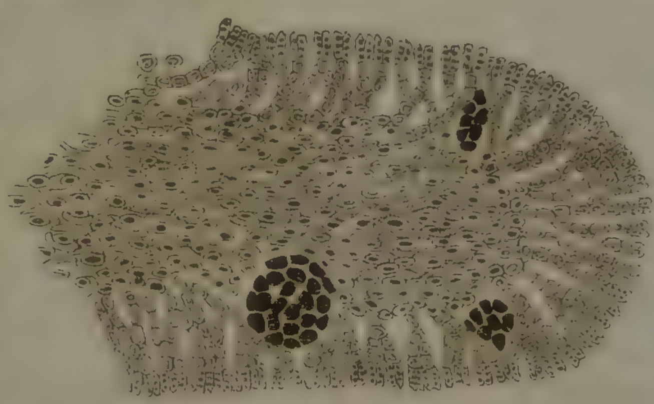
Nebst Balsam und Firniß spielt das Glycerin die Hauptrolle unter den Einschließungsflüssigkeiten. Es hat den großen Vorzug, nicht zu vertrocknen und zugleich aufhellend und conservirend zu wirken. Für thierische und pflanzliche Gewebe, welche nicht gar zu wasserhaltig sind, also für ältere Parenchymgewebe, für Pilze, deren Fäden nicht zu dünnwandig sind, dann für Muskelfasern, Nervenröhren, Bindegewebe, Haare, Hautpräparate ꝛc. eignet sich das Glycerin vortrefflich. Sehr zarte Gewebe, wie also namentlich solche von niederen Thieren, Pilze mit zartwandigen Fäden, embryonales Gewebe erfahren bei Anwendung von reinem Glycerin bald eine zu

starke Schrumpfung, bald werden die Gegenstände zu durchsichtig. Diesem Uebelstand kann man durch eine Verdünnung des Glycerins mit Wasser oder mit einer Arsenlösung abhelfen. Freilich bleiben eine Menge von Dingen übrig, die auch so noch Schrumpfungen erleiden, hauptsächlich aus der Reihe der niederen Thiere, auch sehr zarte Algen widerstehen einer geeigneten Anwendung des Glycerins. Andererseits muß hervorgehoben werden, daß es keine Einschließungsflüssigkeit giebt, mit der man so viel zu Stande bringen kann, als mit dieser.

Neben diesen drei Flüssigkeiten hat man noch eine Reihe anderer empfohlen, einmal eine gesättigte Lösung von vollständig eisenfreiem Chlorcalcium. Eine gute Eigenschaft derselben ist, nicht zu verdunsten, allein ein Uebelstand ist es, daß sie Glas und überhaupt manche Dinge sehr ungern benetzt. Es ist z. B. eine Unmöglichkeit, einen Tropfen dieser Flüssigkeit auf einer Glasplatte auszubreiten. Außerdem habe ich keinen Fall gefunden, wo mir die Chlorcalciumlösung noch Dienste leistete, wenn mich das Glycerin im Stiche gelassen hatte, und ich glaube, wer gutes und reines Glycerin besitzt, kann die Chlorcalciumlösung sehr wohl entbehren. Dasselbe gilt für die Creosotlösung und die Lösung von arseniger Säure. Die letztere hat vielleicht nur das für sich, daß sie sich besonders für das Fettgewebe eignet. Anders ist es mit der Sublimatlösung. Sie ist fast die einzige geeignete Flüssigkeit, in der sich Blutkörperchen unverändert aufbewahren lassen. Allein die Verdünnung muß eine andere sein je nach der Thiergruppe, von der das Blut genommen ist. Harting giebt für die des Froschblutes eine Lösung von $^1/_{100}$, für Vögel eine solche von $^1/_{300}$, für Säugethiere und Mensch $^1/_{200}$ an. Einige Versuche, die ich selbst damit machte, haben mich belehrt, daß die Herstellung der richtigen Verdünnung die äußerste Genauigkeit erfordert und daß man mitunter lange experimentiren kann, bis man die geeignete findet. Da Präparate von Blutkörperchen von den Handlungen in einer Güte geliefert werden, wie sie der Einzelne nur durch mühseliges Experimentiren erlangen kann, so würde ich Jedem empfehlen sie zu kaufen. Außer bei den Blutkörperchen erzielt man

mit der Sublimatlösung noch sehr gute Resultate bei zarten Pflanzengeweben, Algen, Schimmelpilzen, Räderthieren ꝛc.

Die größten Schwierigkeiten bereiten der Aufbewahrung die zarten Gebilde des an mikroskopischen Geschöpfen so reichen Wasserlebens, alle die interessanten Formen von einzelligen Algen, Hydroidpolypen und ihren Früchten, von Räderthieren, Embryonen und Larven. In dieser Beziehung haben sich hauptsächlich die Engländer, bei denen das Interesse für die Seegeschöpfe ein weit allgemeineres ist als auf dem Continent, vielfach bemüht, entsprechende Aufbewahrungsflüssigkeiten zu finden. Am meisten hat sich eine Zusammensetzung erprobt, die von Farrant empfohlen wurde. Ursprünglich löste er einen Theil des besten Gummi arabicum in einer Mischung von einem Theil Glycerin und einem Theil destillirtem Wasser, in welch letzterem er zuvor ein wenig Arsenik (1 ½ Gran auf die Unze) durch Kochen gelöst hatte. Die Lösung wird warm bereitet, und wenn sie nicht vollkommen rein ist, preßt man sie durch ein feines Battisttuch. In neuerer Zeit läßt er den Arsenik weg, nimmt vier Gewichtstheile Gummi auf vier Theile destillirtes Wasser und zwei Theile Glycerin und legt in die Flasche, in der die Flüssigkeit aufbewahrt wird, ein Stückchen Campher, um Pilzbildung zu verhindern. Bei den Algen möchte ich übrigens die Bemerkung machen, daß



trocken aufbewahrte Exemplare nach Aufweichung mit Seewasser, künstlichem oder natürlichem, ganz brauchbare mikroskopische Ansichten gewähren. Vorstehende Figur giebt den mikroskopischen Durchschnitt einer aufgeweichten Seealge (Gymnophlaea). Man macht sich also da am besten das Präparat frisch.

Eine andere, hauptsächlich für thierische Organismen berechnete

Flüssigkeit ist die Mischung von Goadby. Man löst acht Loth Seesalz, vier Loth Alaun und vier Gran Sublimat in vier Pinten Wasser und filtrirt die Lösung. Bei sehr zarten Gegenständen muß diese Flüssigkeit noch mit dem gleichen Theil Wasser verdünnt werden. Für den, der sich mit der Marine-Zoologie beschäftigt, sind diese beiden Flüssigkeiten immerhin sehr zu empfehlen, allein selbst ihnen trotzen eine Reihe von Organismen, deren Leib eben kaum mehr ist als gewobenes Wasser, sie schrumpfen bis zur Unkenntlichkeit.

Aus dieser Auseinandersetzung gewinnen wir das Resultat, daß man für die meisten Fälle ausreicht, wenn man neben Canadabalsam, Damarfirniß und Glycerin sich noch irgend eine der zusammengesetzteren Einschließungsflüssigkeiten für zarte Gewebe, entweder die von Farrant oder Goadby hält.

XXVII.
Verkittung.

Eine solche ist bei allen Einschließungsflüssigkeiten nöthig, mit Ausnahme von Balsam und Firniß, über die ich oben Erschöpfendes angab.

Da es das Glycerin ist, welches am häufigsten angewendet wird und dem wirksamen Verschluß einige Hindernisse bereitet, so will ich hier von ihm ausführlicher sprechen. Man bewahrt alle die erwähnten Einschließungsflüssigkeiten mit Ausnahme von Balsam und Firniß in sogenannten Tropffläschchen auf, wie in Figur 357 eines abgebildet ist. Es befindet sich nämlich in dem Korke, der das Fläschchen verschließt, ein etwa 1½—2 Zoll langes Glasröhrchen, das an seinem obern Ende in eine gekrümmte Spitze ausgezogen ist. Hält man ein solches Fläschchen umgekehrt in der warmen Hand, so treibt die Spannung der erwärmten Luft die Flüssigkeit so langsam durch die Oeffnung an der Spitze hervor, daß man genau be-

messen kann, wie viel man auf das Objectglas bringen will. Dies ist aus folgenden Gründen von großer Wichtigkeit. —

Hat man zu viel Glycerin angewendet, so daß dasselbe beim Auflegen des Deckglases an den Rändern vorquillt, so ist es unmöglich, das Deckglas sicher auf den Objectträger aufzukitten, denn eine mit Glycerin beschmierte Glasfläche verhindert das Haften des Kittes. Weniger hat es zu bedeuten, wenn die aufgegebene Flüssigkeit den Raum zwischen Deck- und Objectglas nicht ganz füllt. Man kann dann mit einem feinen Haarröhrchen das Fehlende zusetzen, wobei man allerdings sich sehr vor dem Beschmieren der Gläser zu hüten hat. Ist trotz Allem das Glas dennoch verunreinigt worden oder Glycerin ausgequollen, so mache man keine vergeblichen Versuche es wegzuwischen. Das Glycerin haftet viel zu fest an dem Glase, und wenn man ein beschmiertes Präparat verkittet, so kann man sicher sein, daß der Kitt sich ablöst. Das Gerathenste ist, ein anderes Objectglas zu nehmen und den Gegenstand von Neuem einzuschließen. Dann hat man wenigstens nachher nicht den Verdruß in seiner Sammlung ein verdorbenes Präparat zu finden.


Fig. 357.

Eine zweite Schwierigkeit bereiten einem die Luftblasen. Wie man sie aus dem Gegenstand entfernt, habe ich schon früher angegeben, allein öfter entstehen während des Einschließens Luftbläschen oder finden sich solche schon in dem aufgetropften Glycerin. Im letzteren Fall entfernt man sie am zweckmäßigsten durch Aufsaugen mit einer Glasröhre, deren Spitze in ein feines Haarröhrchen ausgezogen ist.

Manchmal entstehen Luftblasen dadurch, daß die Luft an dem aufgelegten Deckgläschen fester haftet. Dieser Gefahr wird man immer entgehen, wenn man auf die untere Seite des Deckgläschens ein kleines Tröpfchen Glycerin bringt. Das Deckgläschen wird dann mit einer feinen Pincette gehalten und dem Objectglas vorsichtig so

genähert, daß das Erste, was sich berührt, die Wölbungen der beiden Tropfen sind. Weiter ist es sehr zu empfehlen, die Ränder des Deckgläschens auf ihrer unteren Seite mit etwas gewöhnlichem Wachs zu beschmieren, namentlich dann, wenn man keine zu starke Pressung auf den Gegenstand ausüben will. Man darf dann nur die Wachsschicht etwas dicker machen. Liegt das Deckglas einmal, so hüte man sich es zu verrücken, weil sonst die Kittfläche sicher beschmiert wird.

Als Kitt hat man verschiedene Dinge empfohlen. Sehr häufig gebraucht wird eine Lösung von Asphalt in Terpentin, nur habe ich gefunden, daß diese sehr leicht Sprünge bekommt; besser eignet sich der sogenannte Goldgrund, dessen sich die Spiegelvergolder bedienen, um das Goldblatt festzukleben. Man bereitet sich diesen Kitt auf folgende Weise. 1 Theil Mennige und $^1/_3$ Umbra wird etwa drei Stunden lang mit 25 Theilen Leinöl gekocht und das Oel abgegossen. Mit diesem Oel reibt man ein Gemenge von gleichen Theilen Bleiweiß und gelben Ocker, beide fein geschlemmt, gut ab, bis ein ziemlich dicker Brei entsteht, den man dann noch einmal durchkochen läßt. Dieser Kitt ist deshalb besonders zu empfehlen, weil er immer elastisch bleibt und nie Sprünge bekommt. Beinahe ebenso gut ist der schwarze Feuerlack, womit die Lackirer den schwarzen Untergrund auf Blech herstellen. Er wird namentlich in England allgemein zum Verschluß mikroskopischer Präparate verwendet. Doch muß man ihn zu diesem Zweck auf Syrupconsistenz eindicken, da er so, wie die Lackirer ihn gebrauchen, zu dünnflüssig ist.

Das Verkitten geschieht, indem man die Ränder des aufgelegten Deckgläschens mit dem Kitt bestreicht. Hat man Einschließungsflüssigkeiten, die dem Verdunsten ausgesetzt sind, so ist beim Aufkitten eine weitere Vorsicht nöthig. Man legt das Deckgläschen zuerst unter das Objectglas, auf dem der Gegenstand sich befindet, zieht mit dem in Kitt getauchten Pinsel eine der Größe des Deckgläschens entsprechende viereckige Kitteinfassung um die aufgetropfte Einschließungsflüssigkeit und dann setzt man erst das Deckgläschen auf, dem man dann neuerdings noch einen Randüberzug von Kitt giebt.

Für den, der sich eine Sammlung mikroskopischer Präparate anfertigen will, ist die weitere Adjustirung und Aufbewahrung nicht ganz gleichgiltig. Einmal wird ein guter Kitt nie so vollständig trocken, daß nicht zwei auf einander liegende Präparate zusammenkleben würden. Um dies zu verhindern, kann man das ganze Präparat mit Papier umkleben, in welchem entsprechend dem Sehfeld ein Loch ausgeschnitten ist. Die käuflichen Präparate sind meistens in dieser Weise behandelt. So hergerichtet sehen sie allerdings sehr elegant aus und zerbrechen selbst auf den Boden geworfen nicht leicht; aber das Bekleben ist nicht wenig umständlich, und es empfiehlt sich deshalb für den Einzelnen mehr, an den beiden Schmaltheilen des Objectglases ein kleines Glastäfelchen aufzukitten. So behandelte Präparate können gefahrlos über einander geschichtet werden, und nehmen dann sehr wenig Raum ein. Figur 358 zeigt ein so adjustirtes Präparat.

Zum Aufbewahren sind am zweckmäßigsten gefächerte Holz- oder Pappkästchen, in denen die Präparate wagerecht liegen. Die Methode, die Objecte aufrecht zwischen gezahnte Leisten einzuschieben, hat den großen Nachtheil, daß zarte Gegenstände, die von dem Deckglas nicht gepreßt gehalten werden, abwärts sinken, und so außer der Mitte des Sehfelds gelangen.

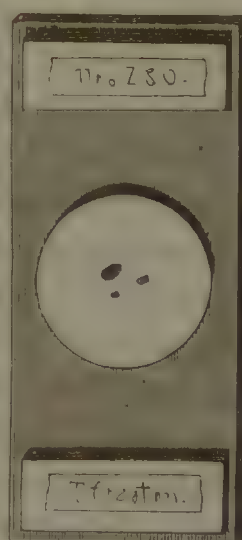


Fig. 358.

Der Leser wird vielleicht denken, ich habe mich bei der vorangehenden Schilderung in zu viel Einzelheiten eingelassen, er möge es aber nur versuchen, einmal ein Präparat herzustellen ohne vorhergängige Anleitung, so wird er finden, daß gerade diese scheinbaren Kleinigkeiten, von denen ich oben sprach, ihm am meisten Verdruß bereiten werden. Wer bei einem andern Mikroskopiker in die Lehre gehen kann, bedarf überhaupt keiner schriftlichen Anleitung, wer aber nicht in dieser Lage ist, dem glaube ich einen Dienst erwiesen zu haben. —

XXVIII.

Der Mikroskoptisch.

Aus den vorliegenden Capiteln kann sich der Leser zwar all' das ausziehen, was er braucht, wenn er Studien unter dem Vergrößerungsglas anstellen und eine Sammlung von Gegenständen anlegen will, die für mikroskopische Betrachtung zugerichtet sind. Vielleicht ist es aber doch entsprechend, dies in einem eigenen Capitel kurz zusammen zu stellen.

Das Unerläßlichste ist, sich einen Tisch anfertigen zu lassen, auf dem alles nothwendige Geräthe in handlicher Anordnung Platz hat. Er soll so hoch sein, daß man sitzend bequem in die Mikroskopröhre sehen kann; in einem Schublädchen (K) müssen die nothwendigen Werkzeuge, ein Rasirmesser, ein Paar kleine Messerchen, ein Paar Scheeren und Präparirnadeln, ein Paar Saugpinsel und die früher beschriebenen Glasröhrchen und einige Korktafeln Platz finden, in einer andern Lade (K') halte man sich eine Partie zugeschnittener Objectgläser, ein Schächtelchen mit Deckgläsern, einen Diamant zum Glasschneiden (da es immer zweckmäßig ist, wenn der Mikroskopiker sich seine Gläser selbst zuschneiden kann), eine feine Feile zum Abnehmen der Glasröhrchen und eine Uhrfedersäge. Auf dem Tische selbst befestige man sich eine Weingeistlampe. Weiter sollen auf dem Tisch bereit liegen eine matte Glastafel (g) zum Schleifen, ein Paar Glasglocken (f), wie sie die Uhrmacher auf ihren Tischen führen, ein halb Dutzend Uhrgläschen und mindestens zwei Glastassen, von denen man die eine läßt wie sie ist, während man die andere außen mit Feuerlack schwärzt, weil durchsichtige Gegenstände auf schwarzem Hintergrund sich leichter präpariren lassen. Sogenannte Reagenzfläschchen (e) hält man sich in einer kleinen

Stellage, auf der auch die Uhrgläschen Platz haben, etwa ein halb Dutzend und die Flüssigkeiten, die man zur Arbeit braucht, kann man in zwei am Tische rechts und links festgemachten Stellagen (hh)

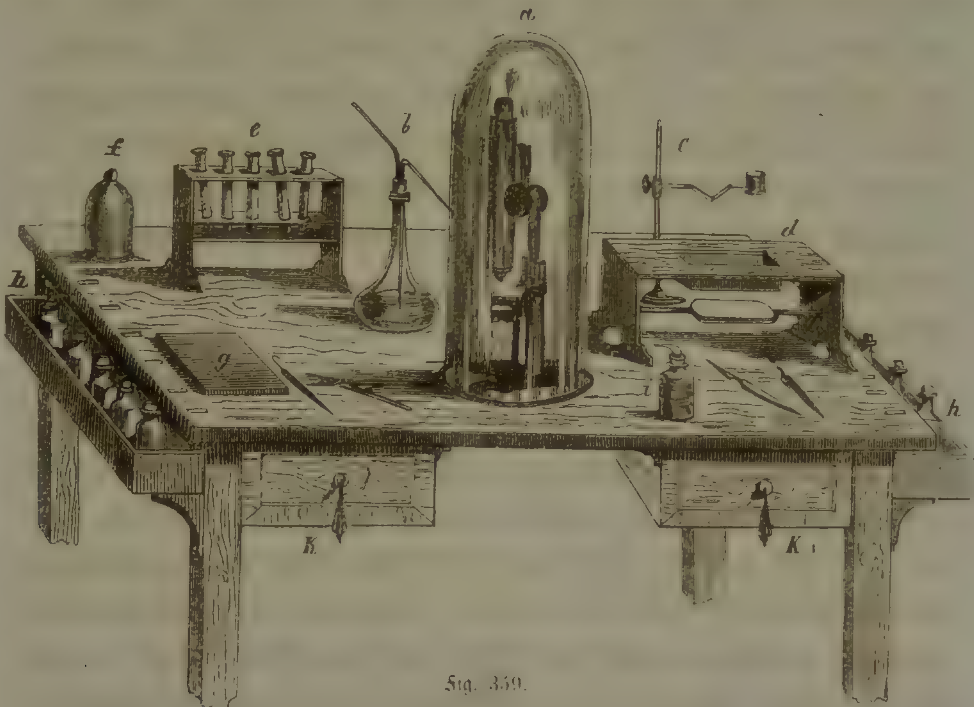


Fig. 359.

unterbringen. Diese lassen sich auf folgende beschränken: absoluten Weingeist, Aether, Terpentin, Nelkenöl, Chromsäure, Carminlösung, Ammoniakflüssigkeit, kaustisches Kali, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure und Jodtinctur, dann Fläschchen mit Canadabalsam, Damarfirniß, Kitt und Schleifpulver und endlich ein Tropffläschchen mit Glycerin, und ein anderes mit Goadby's oder Farrant's Flüssigkeit. Außerdem braucht man eine Flasche mit destillirtem Wasser und zum Waschen und Abspülen einen sogenannten Spritzkolben (b).

Mit diesem Vorrath kann man die meisten Vorkommnisse bewältigen. Jedenfalls ist es für den Anfang nicht gerathen, sich mit mehr zu belasten.

Einer Vorrichtung muß noch erwähnt werden, die man in verschiedener Weise anbringen kann. Man hat nämlich sehr häufig

Veranlassung, Präparationen bei durchfallendem Licht vorzunehmen. Zu diesem Behuf läßt man sich entweder aus der Platte des Tisches ein Stück so ausschneiden, daß man eine Glastasse einsetzen kann; unter dem Tisch muß sich ein beweglicher Spiegel befinden, der das Licht auf die Tasse leitet. Die Glastasse muß entfernbar sein und durch eine einfache Glastafel der Tisch geschlossen werden können. Da übrigens diese Lösung der Sache umständlicher und es außerdem für kurzsichtige Leute etwas beschwerlich ist, sich so tief über den Tisch zu beugen, so dürfte es zweckmäßiger sein, dem obigen Bedürfniß durch eine bewegliche Vorrichtung gerecht zu werden, nämlich durch eine Art von hölzernem Schemel (d), unter dem man einen Spiegel anbringt und der oben eine Oeffnung zum Einsetzen der Glastasse hat. Die Höhe eines solchen macht man am besten genau entsprechend der Höhe des Objecttisches am Mikroskop, weil er einem dann noch mannigfache Dienste (Auflegen der Hände während des Präparirens unter dem Mikroskop, Unterstützung umfangreicher Gegenstände ꝛc.) leisten kann. Im Fall man sich für dies entscheidet, wählt man als Lupenträger ein bewegliches Gestell (c), statt daß man ihn, wie es oben gesagt wurde, am Mikroskoptisch selbst befestigt. —

Ich habe mir einen solchen Schemel aus einem Cigarrenkistchen mit leichter Mühe selbst angefertigt.

Ein böser Feind mikroskopischer Arbeiten ist der Staub, und es giebt gegen ihn nur ein Mittel, Alles, was darunter leidet, bedeckt zu halten. Ueber das Mikroskop stülpe man eine Glasglocke, halte sich mehrere kleinere Glocken in Bereitschaft zur Bedeckung von Dingen, die man in Uhrgläschen untergebracht hat und fertige Präparate bringe ich zum Trocknen unter eine viereckige Glaswanne, wie sie die Photographen benutzen. Man sollte überhaupt immer mit Glas bedecken, weil einem dabei viel weniger leicht ein Unschick passirt, als bei undurchsichtigen Deckeln und weil man so jederzeit weiß, was vorliegt. —

XXIX.

Die Anwendung des Vergrößerungsglases.

Das Vergrößerungsglas ist zwar in hervorragender Weise ein Werkzeug des Gelehrten. Die ersten Gegenstände, die seiner auflösenden Kraft unterworfen wurden, war die Welt des Kleinen in Wasser, Luft und Erde, und war endlich der Körper der Thiere und Pflanzen, der ihm die Auflösung in seine Elemente verdankt. Allein allmählig ist man zur Erkenntniß des Werthes gelangt, den das Mikroskop auch im täglichen Leben besitzt. Der erste Berufszweig, der eine ausgedehntere Anwendung von diesem Werkzeug machte, war die Heilkunde und zwar nicht nur die, welche sich mit dem leiblichen Wohl des einzelnen Menschen beschäftigt, sondern in noch höherem Maße die gerichtliche und polizeiliche Medicin. Einerseits gewann der Arzt in der mikroskopischen Untersuchung der Auswurfsstoffe des Menschen und solcher Körpertheile, welche sich ohne Gefährdung dem Lebenden entnehmen ließen, ein wichtiges Mittel sich über Ursache und Natur der krankhaften Veränderungen zu unterrichten, andererseits sah der Gerichtsarzt die Möglichkeit in Fällen ein entscheidendes Gutachten abzugeben, in denen seine sonstigen Untersuchungsmethoden nicht alle Zweifel zu beseitigen im Stande waren. Indem man endlich das Vergrößerungsglas anwandte, um die Nahrungsmittel des Menschen einer besseren Controle unterwerfen zu können, war der Schritt gethan, dieses Werkzeug zur Prüfung all der Waaren einzuführen, welche dem Thier- oder Pflanzenreich entstammen. Wenn ich das vorliegende Werk mit einigen Blättern abschließe, welche die Verwendung des Vergrößerungsglases im täglichen Leben besprechen, so kann meine Absicht nicht die sein, für alle Fälle eine praktische Gebrauchsanweisung abzufassen, da dies eine große Ausdehnung des Abschnitts in Wort und Bild zur Folge haben müßte. Dagegen

will ich aus dem reichen Material die Dinge herausgreifen, die am Allgemeinsten in Anwendung kommen und für sie die Behandlungsweise so weit besprechen, daß Jeder darnach arbeiten kann. Will sich der oder jener meiner Leser entschließen, weiteren Gebrauch von dieser Untersuchungsmethode zu machen, so wird ihm dann das Vorgebrachte in Verbindung mit dem, was die voranstehenden Capitel über die mikroskopische Technik bieten, das Selbststudium vollkommen ermöglichen. Ich werde übrigens an der geeigneten Stelle die besonderen Schriften nennen, die über die betreffenden Gegenstände vorhanden sind, damit dem weiterstrebenden Leser auch in dieser Beziehung Genüge gethan wird.

XXX.

Das Vergrößerungsglas in der ärzlichen Praxis.

Die Bedeutung des Vergrößerungsglases für den Arzt geht zur Genüge hervor aus dem, was ich über den Antheil sagte, den die Schmarotzerwesen an den Erkrankungen des Menschen haben. Eine Reihe von Krankheiten haben sich dargestellt als verursacht durch Pilze oder ähnliche Organismen niederer Art und durch die vor Kurzem erfolgte Entdeckung des Cholerapilzes (ich glaube so sagen zu dürfen, trotzdem daß das zu Tage Geförderte noch nicht widerspruchsfrei ist) sehen wir uns vor die Hoffnung gestellt, es werden noch eine Reihe von Krankheitsursachen sich als sichtbare und greifbare Dinge enthüllen. Wenn nun auch in den meisten Fällen derartige Krankheiten schon für das bloße Auge und die gewöhnliche ärztliche Untersuchung so charakteristische Merkmale bieten, daß nur unentschuldbare Ignoranz sie verkennen kann, so weiß der Arzt andererseits, daß es eine nicht geringe Zahl von Fällen giebt, wo selbst der geübteste Blick im Zweifel sein muß. Ich erinnere nur, um bei der Cholera

zu bleiben, an die Fälle, wo sie sich hinter dem Bilde eines typhösen Fiebers, ja sogar dem einer einfachen Diarrhöe maskirt, an die Unterscheidungen von Cholerine und ächter Cholera, um auszusprechen, daß es Pflicht für jeden Arzt wird, mit dem Vergrößerungsglas sich zu vergewissern, welcher Natur der vorliegende Krankheitsfall ist. Hoffentlich kommt die Zeit in Bälde, wo die Unsicherheit der Diagnostik bei der Mehrzahl der sogenannten ansteckenden Krankheiten ebenso schwinden wird, wie es seit Decennien bei der so lange verkannten Krätzkrankheit der Fall ist.

Die Erkennung der Pilzkrankheiten ist aus dem Grunde von so großer Wichtigkeit, weil die Behandlung des Kranken wesentlich davon abhängt. Man ist zwar in manchen Fällen durch vielfaches Probiren schon früher zur Erkenntniß der richtigen Behandlung gelangt, ehe die Ursache der Krankheit entdeckt war, allein das vermindert den Werth mikroskopischer Prüfung nicht, ja selbst in den Fällen, wo uns alle Mittel im Stich lassen würden, eine Pilzkrankheit zu bekämpfen, wenn es also z. B. nicht möglich sein sollte, den in den Körper eingedrungenen Cholerapilz unschädlich zu machen, bleibt die mikroskopische Untersuchung dennoch unerläßlich, weil es bei der Ansteckungsfähigkeit solcher Krankheiten von der höchsten Wichtigkeit ist, die Maßregeln zu ergreifen, welche die noch gesunde Umgebung zu schützen bestimmt sind. Aus diesem Grunde muß es als entschiedener Uebelstand bezeichnet werden, daß es noch Aerzte giebt, welche theils aus Vorurtheil, theils weil sie nicht über die nöthige technische Fertigkeit verfügen, sich in ihrer Praxis des Mikroskops nicht bedienen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wird es als einziges Mittel nur den Druck geben, den eine aufgeklärte öffentliche Meinung und die Initiative des Patienten und seiner Umgebung auf die Aerzte auszuüben im Stande ist.

Wenn ein angehender Arzt die vorliegenden Zeilen zu Gesicht bekommt, so möchte ich ihm züerst empfehlen bei der Auswahl des Instrumentes, dessen er sich in seiner Praxis bedienen will, sein Augenmerk nicht auf jene wohlfeileren Taschenmikroskope zu richten, welche

man bisher vorzugsweise den Aerzten anempfohlen hat. Dieselben besitzen meistens nicht genügende Vergrößerungskraft. Man hat diese Instrumente eben nur darauf berechnet, die Gewebsbestandtheile des menschlichen Körpers aufzulösen, wozu eine 120—180fache Vergrößerung ausreicht. Nun zeichnen sich aber alle die dem Menschen feindlichen niederen Organismen durch so außerordentliche Kleinheit aus, daß Objectivsätze von mindestens 300facher Vergrößerung erforderlich sind, wenn das Instrument für alle Fälle ausreichen soll. Für die technische Behandlung ist nur zu bemerken, daß man, um die Pilze in den Oberhautgebilden zu erkennen, das Abschabsel mit Kalilauge aufhellen muß, bei den Auswurfsstoffen genügt einfache Verdünnung mit Wasser.

Da ich über die Auffindung der Krätzmilben und Trichinen schon früher ausführlich gesprochen, so will ich hier mich nur noch über zwei ärztliche Untersuchungen äußern, über die von Harn und Blut.

Der Harn ist unter allen Ausscheidungen des Körpers diejenige, die uns am genauesten über den Stoffumsatz im Körper unterrichtet und zwar so sehr, daß man die sogenannten Harnbeschauer nur in beschränkterem Maaße für Charlatane erklären darf. Außerdem ist die Niere ein Organ, welches ziemlich häufig erkrankt, und über die Natur der Erkrankung giebt die Untersuchung des Harns fast immer ganz verläßliche Kennzeichen. Die Wichtigkeit der Harnuntersuchung erhellt am besten aus der Aufführung der zahlreichen Bestandtheile desselben. In dem Niederschlag, den ein trüber Harn beim Stehen bildet, können sich einmal Blutkörperchen finden, die man theils an ihrer Gestalt (siehe Fig. 2 A), theils daran erkennt, daß sie bei Essigsäurezusatz verschwinden. Einer der häufigsten Gewebsbestandtheile ist ferner die Epitelialauskleidung der Harncanälchen und zwar finden sich da gesunde unveränderte Zellen, dann solche, die den Beginn des fettigen Zerfalls zeigen (man nannte sie früher Entzündungskugeln) und endlich die aus der Theilung von Epitelialzellen hervorgegangenen Eiterkörperchen (siehe oben Fig. 289). Man unterscheidet sie vom Blut leicht dadurch, daß Essigsäure sie entweder gar nicht

verändert oder unter Aufhellung der Conturen den ein- oder mehrfachen Kern hervortreten läßt. Die Zellen sind entweder einzeln oder sie bilden zusammen wurstförmige Massen von dem Durchmesser der Harncanälchen. In diesem Zustand lassen sich die einzelnen Zellen nicht mehr deutlich erkennen und Essigsäure löst sie ganz auf.

Außer den Gewebstheilen können sich in dem Harnniederschlag die Krystalle finden, die ich in Fig. 360 zusammengestellt habe.

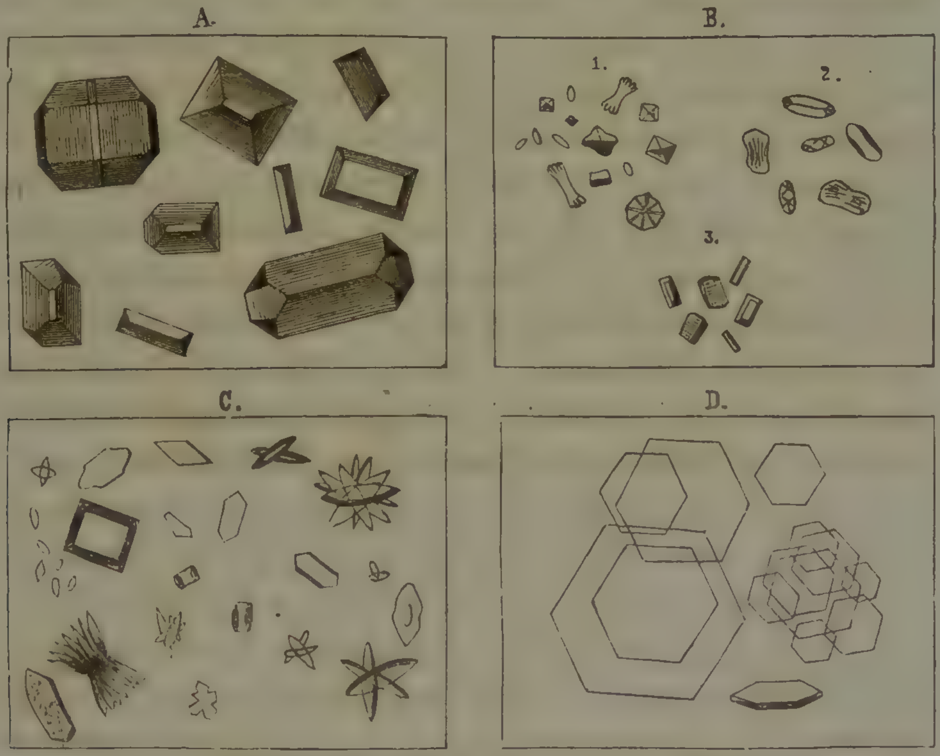


Fig. 360.

A ist phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, B oxalsaurer Kalk, C Harnsäure und D Cystin. A löst sich in Essig-, Salz- und Salpetersäure, B ist unlöslich in Essigsäure, löslich in den beiden andern angeführten Säuren, während die Harnsäure gerade in den letzteren sich nicht auflöst, das Cystin löst sich in Salzsäure und Ammoniak. Nebstdem enthält der Niederschlag formlose Bestandtheile, die sich durch Behandlung mit Chemikalien als harnsaure Salze, kohlen-, phosphor- und oxalsaurer Kalk herausstellen.

In der klaren Flüssigkeit lassen sich noch eine Reihe von Stoffen abscheiden, wie Kochsalz, phosphorsaure Bittererde, Harnstoff, Creatin, Creatinin, Hippursäure ꝛc. und endlich Eiweiß, Gallenfarbstoff, Zucker, Milchsäure und Fett. Die Unterscheidung aller dieser Stoffe läßt sich natürlich auch ohne Hilfe des Mikroskops bewerkstelligen, allein auch unter dem Vergrößerungsglas ist die Analyse vollkommen ausführbar; eine Tabelle hierzu findet sich in Harting's Werk über das Mikroskop Seite 496.

Nicht minder wichtig ist die mikroskopische Untersuchung der Geschwülste, bevor man sich zu eingreifenden Operationen entschließt, namentlich die Feststellung, ob man es mit einer Krebsgeschwulst zu thun hat oder nicht. Zu diesem Zweck holt man mittelst einer Harpune ein Stückchen aus dem Innern der Geschwulst und prüft es unter Anwendung von Essigsäure, ob sie aus den normalen Gewebsbestandtheilen zusammengesetzt ist oder ob die früher beschriebenen und abgebildeten Bildungszellen (siehe Fig. 292 und 293) in reichlicher Menge in ihr sich finden. Dies sind die wichtigsten Fälle, in denen der Arzt sich des Vergrößerungsglases zu bedienen hat.

XXXI.

Das Vergrößerungsglas vor Gericht.

Setzt das, was ich über die mikroskopische Untersuchung des Harns sagte, die Bedeutung dieses Instruments für die ärztliche Privatpraxis in's Licht, so ist die Unterscheidung von Blutflecken einer der wichtigsten Fälle aus der Praxis der Gerichtsärzte und zwar in so hohem Grade, daß über diesen Gegenstand eine Reihe eigener Schriften erschienen ist. (Eine der gründlichsten ist die von Ritter, Ermittelung von Blutflecken.) Während sich der Fachmann vor-

kommenden Falls in einer solchen Rath holt, denke ich, werde es die nicht eingeweihten Leser meines Buches interessiren, zu erfahren, wie weit man in solchen Fällen Angesichts der Verantwortlichkeit, daß Leben und Freiheit eines Menschen von einem Ausspruche abhängt, sicher gehen kann.

Die Fragen, die an einen Gerichtsarzt im Interesse der Gerechtigkeit gestellt werden könen, gehen der Hauptsache nach dahin: Stammen Flecken, die sich an Werkzeugen, Kleidungsstücken rc. befinden, von Blut her oder nicht? Im ersteren Fall: sind sie die Folge einer Besudlung von Menschenblut oder von Thierblut und zwar von welchem? Rührt ein Blutfleck her vom Blut eines lebenden Menschen oder von dem einer Leiche? Sind die Blutflecken Excremente von Wanzen und Flöhen? Oder endlich ist der Blutfleck Menstrualblut?

Dem Gerichtsarzt stehen zur Beantwortung dieser Fragen 2 Wege zu Gebote, der chemische und der mikroskopische. Ich will beide kurz charakterisiren. Der chemische Weg beruht im Allgemeinen darauf, daß man die zwei wichtigsten Stoffe erkennt, die nur im Blut zusammen vorkommen, namentlich den Blutfarbstoff mit dem Eiweiß und den Faserstoff. Die zwei ersten enthält jeder Blutfleck, der Faserstoff dagegen, der durch seine Anwesenheit das bekannte Gerinnen des Blutes erzeugt, findet sich nur in dem Blute, das der Wunde eines Lebenden entquillt, fehlt dagegen in dem Blute der Leiche und ist bedeutend verringert im Menstrualblut. Das Blutroth in Verbindung mit dem Eiweiß erkennt der Chemiker daran, daß es sich einmal bei Zusatz von Chlorwasser im Uebermaß entfärbt und weiße auf der Oberfläche schwimmende Flocken sich abscheiden, dann daß bei Zusatz von Salpetersäure ein weißgrauer Niederschlag und mit Galläpfeltinctur ein schwach violetter entsteht. Kocht man eine Lösung von Blutroth, so bildet sich gleichfalls ein Gerinnsel, das sich in heißem Aetzkali wieder löst und diese Lösung hat das Eigenthümliche, bei einer gewissen Verdünnung in durchgehendem Lichte grün, in darauffallendem dagegen roth zu erscheinen. In neuerer Zeit hat man gerade diesen sogenannten Dichroismus (Zweifärbigkeit) näher geprüft. Es ist nämlich gelungen, das Blutroth

von dem Eiweiß zu sondern als einen krystallisirbaren Farbstoff, das sogenannte Hämatin, und dies letztere erscheint in dünner Schicht grün, in dicker Schicht roth.

Für die Erkennung des Faserstoffes hat die chemische Untersuchung zwar auch Anhaltspunkte, allein bei weitem sicherer unterscheidet hier das Mikroskop, wovon nachher. Die Chemie besitzt somit Mittel genug — ich habe hier von den vielen Methoden nur eine angeführt — zu unterscheiden, ob ein Fleck von Blut herrührt oder nicht, und ob es Blut aus einer frischen Wunde ist oder Leichen- und Menstrualblut. Zur Unterscheidung, ob man es mit Thier- oder Menschenblut zu thun habe, hat die Chemie auch einen Anlauf genommen und wenn auch der Erfolg kein vollständiger in Bezug auf die Zuverlässigkeit ist, so ist die Sache doch interessant genug, um hier erwähnt zu werden. Ein Franzose, Namens Barruel, machte die Entdeckung, daß das Blut von Mensch und Thieren mit Schwefelsäure behandelt einen Geruch entwickelt, der für jedes Thier eigenartig ist und im Allgemeinen übereinkommt mit dem Geruch der Hautausdünstung und der Excremente. So riecht Menschenblut wie der Schweiß unter der Achselhöhle, das Blut von Rindvieh stößt den eigenthümlichen Kuhstallgeruch aus, das von Ziegen den bekannten Hautgout der Böcke ꝛc. Diese Entdeckung hat großes Aufsehen gemacht, allein daß sie nicht zu ausgedehnterer Verwendung kommen kann, rührt von der mangelnden Schulung unseres Geruchsinnes her. Wenn wir die Unterscheidungskraft der Hundsnase hätten, so wäre diese Methode nicht nur genügend, mit Sicherheit Menschenblut von Thierblut zu unterscheiden, sondern wir wären sogar in den Stand gesetzt, mit voller Bestimmtheit die Uebereinstimmung der Person festzustellen. Es ließen sich auch nicht wenige Fälle anführen, wo die Richter in die Lage kamen, die Urtheilsfähigkeit der Hundsnase anzuerkennen. So führten z. B. zwei dem Kaiser Maximilian von Mexiko gehörige Hunde zur Entdeckung eines Mörders, indem man ihnen die Witterung eines am Thatort zurückgebliebenen, dem Mörder gehörigen Gegenstandes gab und sie auf die Fährte setzte. Uebrigens

ist selbst von solchen Fachmännern, die sich sehr kritisch der Barruel'schen Methode gegenüber verhielten, zugegeben worden, daß für gewisse Blutarten, namentlich für das der Ziegen und Schafe, dieses Verfahren ziemlich sichere Resultate gebe.

Die mikroskopische Untersuchung der Blutflecken richtet ihr Augenmerk auf zwei Dinge, auf die Blutkörperchen und den Faserstoff. Um eine solche Untersuchung auszuführen, befeuchtet man den Fleck entweder mit Salzlösung oder Zuckerwasser oder wässeriger Jodlösung, oder man nimmt irgend ein nicht trocknendes Oel, Knochenöl, Olivenöl, Mandelöl (Wasser verändert die Blutzellen, darf also nicht angewendet werden), und bringt die durchweichte Masse unter das Mikroskop. Wenn das Blut nicht durch Fäulniß und sonstige Einflüsse zu stark umgeändert worden ist, so erkennt man jetzt die charakteristischen Blutkörperchen (siehe Fig. 2 A), aus deren Anwesenheit man mit Sicherheit schließen kann, daß der Fleck von Blut herrührt. Andererseits darf man aber aus der Abwesenheit der Blutzellen nicht folgern, daß der Fleck nicht von Blut herrühre, da, wie bemerkt, verschiedene Einflüsse die Blutzellen zerstören können, aber im Allgemeinen kann man sagen, daß man immer noch Blutkörperchen wird erkennen können selbst nach vielen Wochen, wenn die Verhältnisse für ihre Erhaltung nur halbwegs günstig waren. Den Faserstoff erkennt man am besten, nachdem man zuvor durch Wasser den Blutfleck entfärbt hat; er bleibt als ein weißer, leicht abzuhebender Fadenfilz zurück.

Sind die Blutkörperchen noch gut erhalten, so besitzen wir an dem Mikroskop ein Mittel, innerhalb gewisser Grenzen zu bestimmen, von welchem Thier das Blut stammt. Mensch und Säugethiere (die letzteren mit Ausnahme der Kameele) haben runde Blutscheiben, in denen keinerlei Kern zu erkennen ist, dagegen sind die Blutkörper der Vögel, Reptilien und Fische eiförmig und besitzen einen glänzenden Kern. Es giebt Fälle genug, wo diese Unterscheidung für den Richter maßgebend sein kann, und ich will einen nach Casper mittheilen:

Ein Mann war aus seiner Wohnung zwangsweise entfernt und

dabei mißhandelt worden. Er gab an, in Folge dessen verwundet zu sein. Es entstand indeß der Verdacht, daß das von ihm in der Krankheit angeblich durch den After abgegangene Blut nicht Menschen-, sondern absichtlich verschlucktes Taubenblut gewesen. Nach mehr als einem Jahre gelang es, in dem ganz trocknen pulverigen Blute die Blutkörperchen deutlich als solche zu erkennen, wie sie den Menschen und den Säugethieren eigen sind, und die Sachverständigen konnten mit Bestimmtheit ihr Urtheil dahin abgeben, daß von Vogelblut hier nicht die Rede sein könne.

Eine weitergehende Feststellung, mit welcher Blutart man es in einem gegebenen Falle zu thun habe, hat mehrere Forscher beschäftigt und es ist keine Frage, daß gewisse Größenunterschiede für die Blutkörperchen bestimmter Geschöpfe sich feststellen lassen, allein sie sind eben leider nicht so ausgiebiger Art, daß man mit Sicherheit ein Urtheil abgeben kann. So wurde ein Mann durch einen Schlag, der ihn stark bluten und besinnungslos machte, das Opfer eines Räubers und man zog als verdächtig einen Knecht ein, der unter anderen Verdachtsgründen einen handgroßen Blutfleck an seiner Leinwandhose trug. Er erklärte, der Fleck rühre davon her, daß er mehrere Wochen zuvor beim Schlachten einer Kuh behilflich gewesen, was sich auch bestätigte. Mehrere geübte Mikroskopiker betheiligten sich an der Untersuchung und sie stellten zunächst fest, daß die menschlichen Blutkörperchen größer sind als die vom Rind. Allein als sie getrocknetes Menschenblut und getrocknetes Ochsenblut verglichen mit dem, was auf dem Fleck zu sehen war, zeigte sich's, daß durch das Schrumpfen die Durchmesser so verändert waren, daß die Sachverständigen das Urtheil abgaben: Wenn auch anscheinend das getrocknete Menschenblut mehr Aehnlichkeit mit dem Blute auf der Hose habe, als getrocknetes Ochsenblut, so sei doch nicht mit Sicherheit eine Entscheidung zu fällen.

Die Unterscheidung, ob man es mit Menstrualblut oder mit Blut aus einer Wunde zu thun habe, kann durch's Mikroskop sicherer getroffen werden als auf jedem anderen Wege, weil man mit ihm

die dem Menstrualblut immer beigemischten Epitelzellen der Auskleidung der Geburtswege auffinden kann. Ob rothe Flecken auf der Wäsche als Koth von Flöhen und Wanzen anzusehen seien, ist gleichfalls mit dem Mikroskope festzustellen, denn man findet in ihnen weder Faserstoffgerinnsel, noch Blutkörperchen, da beides durch den Verdauungsproceß dieser Thiere zerstört wird. Wird dagegen ein solches Ungeziefer, kurz nachdem es sich vollgesogen hat, zerquetscht, dann giebt der Fleck allerdings noch wohlerhaltene Blutkörperchen und deshalb darf man, wenn man solche findet, daraus nicht den Schluß ziehen, daß das Blut aus einer Wunde stamme.

Aus dieser Uebersicht gelangen wir zum Schluß, daß die mikroskopische Untersuchung verdächtiger Flecken immer die chemische zu begleiten hat, weil sie über manche Verhältnisse Aufschluß giebt, welche die Chemie nicht zu entscheiden im Stande ist, und wägt man beide Methoden mit einander ab, so kann man sagen, der chemische Weg habe eine allgemeinere Anwendbarkeit, während der mikroskopische in besonderen Fällen den Vorzug besitze.

Unbestritten ist der Vorrang des Vergrößerungsglases in den gerichtlichen Fällen, wo es sich um den Nachweis männlichen Samens handelt, eine Frage, die bei Fällen von Nothzucht dem Gerichtsarzt häufig zur Entscheidung vorgelegt wird. In Samen, der auf der Wäsche eingetrocknet ist, kann man nämlich — natürlich vorausgesetzt, daß sie in der Zwischenzeit nicht gewaschen wurde — selbst nach langer Zeit, in einem Fall sogar nach 3 Jahren, mit Sicherheit die charakteristischen, schon früher in Figur 28 abgebildeten Samenfäden erkennen. Doch muß man bei der Behandlung vorsichtig zu Werke gehen; wenn die Wäsche viel gerissen und zerknittert wird, so zerbrechen diese zarten Gebilde. Man schneide deshalb vorsichtig ein Stückchen der Wäsche aus und weiche es in einem Uhrschälchen; in den Flöckchen, die sich ablösen und zu Boden sinken, wird man die Samenfäden finden. Vollständig lösen sich die Samenelemente ab, wenn man der Flüssigkeit eine verdünnte Lösung von Ammoniak, Weingeist, Soda oder Kali beisetzt. Diese Stoffe lösen den Schleim auf, so daß die Samenfäden frei herausfallen.

Im Allgemeinen muß man freilich sagen, daß zu derartigen Untersuchungen, wenn sie die wünschenswerthe Sicherheit haben sollen, eine gewisse Gewandtheit in der Behandlung des Gegenstandes sowohl als in der des Instruments gehört, die sich nun eben leider einmal nicht bei allen Aerzten findet und das Gericht wendet sich deshalb immer in letzter Instanz an einen Fachmann auf diesen Gebieten. Allein da dem Gerichtsarzte doch die Abgabe des ersten Gutachtens auferlegt ist, so liegt auch von dieser Seite für jeden Arzt die Aufforderung nahe, sich mit der Handhabung dieses Instrumentes näher vertraut zu machen.

XXXII.

Das Vergrößerungsglas als Waarenprüfer.

In dem Maße als Handel und Industrie sich ausdehnt und nicht nur die Zahl der von uns verwendeten natürlichen Producte wächst, sondern auch die Zubereitungsweise eine immer mannigfaltigere und verwickeltere wird, mehren sich die Versuche, gefälschte Waaren in Umlauf zu setzen, und die vervollkommnetere Technik giebt der betrügerischen Speculation immer neue Mittel und Wege, ihrem gewissenlosen Spiel den Erfolg zu sichern. Man hat nun wohl in den vorangeschritteneren Staaten eigene sogenannte Gesundheitscommissionen eingesetzt, welchen unter Anderem die Ueberwachung der menschlichen Nahrungsmittel obliegt und ihrer Thätigkeit ist es vorzugsweise zuzuschreiben, daß die Fälschungen an's Tageslicht kommen und daß verläßliche Methoden zur Aufdeckung derselben ermittelt werden. Allein man würde sich sehr täuschen, wollte man glauben, daß durch eine solche Ueberwachung die Fälschungen, sowie die unabsichtlichen Verunreinigungen in größerer Ausdehnung verhindert werden

könnten. Trotz Gesetzen und Polizei wird, so lange die Welt steht, Jeder betrogen werden, der unwissend genug ist, sich betrügen zu lassen. Da die Erziehung der Jugend leider noch immer eine Richtung einhält, die macht, daß sie in Unkenntniß über das Wichtigste, was ihr leibliches Wohl betrifft, verharrt, so müssen auch hier populäre Schriften in die Schranke treten, um Sinne und Aufmerksamkeit der Bevölkerung zu schärfen. Aber es ergiebt sich auch sofort eine Grenzlinie, über die hinaus eine solche Schrift nicht gehen darf, wenn sie ihren Zweck erreichen soll. Sie muß sich nämlich auf die Prüfung derjenigen Waaren und Nahrungsmittel beschränken, welche am Allgemeinsten in Gebrauch kommen und deren Prüfung im Interesse der Gesundheit geboten ist. Auf diese will auch ich mich beschränken, indem ich dem Leser folgende allgemeine Rathschläge gebe.

Man hüte sich vor allen zusammengesetzten, in marktschreierischer Weise angebotenen Nahrungs- und Gesundheitsmitteln, da zehn gegen eins zu wetten ist, daß sie, wenn nicht geradezu mit schädlichen Beimischungen, doch wenigstens in einer Weise zusammengesetzt sind, die den Verkäufer in den Stand setzt, unverhältnißmäßig hohe Preise dafür zu nehmen. Wer für diesen Rathschlag nicht zugänglich ist, dem ist überhaupt nicht zu helfen.

Der zweite Rathschlag ist der: Man kaufe sich nie seine Nahrungsmittel in pulverisirtem Zustand, wenn man mit leichter Mühe sie sich selbst pulverisiren kann. Wer gerösteten und gemahlenen Kaffee und gestoßene Gewürze kauft, kann gleichfalls zehn gegen eins wetten, daß er eine gute Portion werthloser, wenn nicht gar schädlicher Dinge mit in den Kauf bekommt.

Nach dieser Einschränkung bleibt nur noch eine verhältnißmäßig geringe Zahl üblicher Nahrungsmittel übrig, bei denen die Gefahr der Fälschung oder Verunreinigung vorhanden ist, nämlich Trinkwasser, Milch, Thee, Chocolade, Mehl, Brod und die Gewebe, in die wir uns kleiden. Von ihnen will ich ausführlicher handeln und zeigen, daß und wie jeder gebildete Mensch sich überzeugen kann, ob das, was er genießt, rein und unverfälscht ist. Ich will übrigens damit nicht

sagen, als wäre der Werth der mikroskopischen Prüfung für anderweitige Waaren geringer anzuschlagen. Im Gegentheil, für den, der Colonialwaaren, Droguen ꝛc. kauft, ist sie heutzutage nahezu unerläßlich geworden, da bei allen aus dem Thier- und Pflanzenreich stammenden Waaren die Untersuchung mit dem Vergrößerungsglas meist schneller und sicherer zur Unterscheidung führt, als selbst genaue chemische Prüfung. Da eine diesbezügliche Wissenschaft nicht zu dem Gemeingut des Gebildeten gehören kann, so will ich hier nur ein Beispiel anführen. Das Bärlappenmehl ist ein übliches Mittel wunde Stellen zu bestreuen und wird außerdem von den Apothekern benutzt, um die Pillen darin zu legen. Man bekommt es fast immer verfälscht entweder mit Stärkemehl oder dem Blüthenstaub anderer

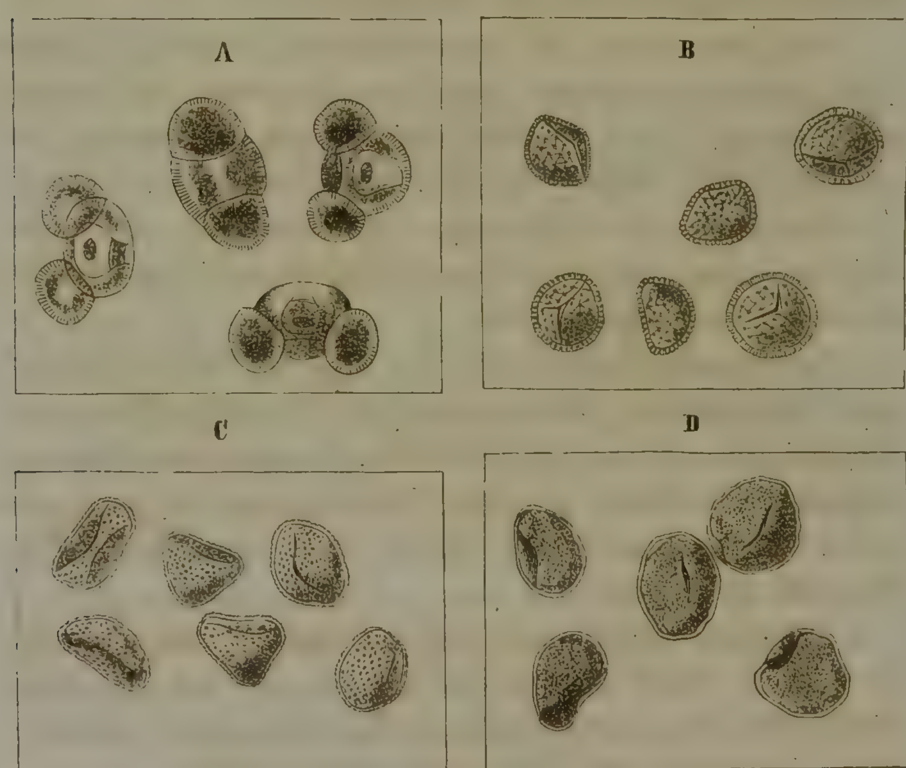


Fig. 361.

Pflanzen. Ein Blick auf die vorstehende Figur 361, die in B die Körner des ächten Bärlappenmehls, in A den Blüthenstaub der

Fichte, in C den des Kolbenschilfes und in D den des Nußbaumes zeigt, beweist, wie leicht das Mikroskop diese Verfälschungen anzeigt. Allein hier tritt der Fachmann in sein Recht, von ihm kann man erwarten, daß er sich die zu seinem Geschäftsbetriebe nöthigen Kenntnisse erwirbt und sich vorkommenden Falls in Schriften Raths erholt, die speciell zur Unterrichtung der Fachleute geschrieben sind. Zu diesen Kenntnissen gehört nun heutzutage Vertrautheit mit mikroskopischer Technik und dann ist das Wichtigste, sich eine Sammlung mikroskopischer Musterobjecte von all den Gegenständen zu schaffen, mit denen der betreffende Gewerbetreibende vertraut sein muß. Beim Anlegen solcher Sammlungen ist natürlich vor Allem darauf zu achten, daß die Gegenstände zuverlässig ächt sind. Man beziehe sie also möglichst aus öffentlichen Mustersammlungen, die unter Leitung gewissenhafter Fachmänner angelegt sind. Für's Zweite ist nothwendig, daß sie methodisch angelegt werden, also bei Droguen fertige man sich nicht nur Längs- und Querschnitte sowie Flächenansichten verschiedener Gewebspartien an, sondern auch Präparate des gepulverten Zustandes und halte für jedes Präparat die gleiche Behandlungsmethode ein. Solche Sammlungen haben auch den großen Vortheil, daß sie sehr wenig Raum einnehmen, wenig Geld kosten und daß man gerade beim Anlegen einer solchen Sammlung vollständig vertraut wird mit der Handhabung des Vergrößerungsglases. Von Fachschriften führe ich nur wenige an. Das englische Werk von Arthur Hill Hassall: food and its adulterations, das Dictionnaire des falsifications von dem Franzosen Chevallier und O. Berg, anatomischer Atlas der pharmaceutischen Waarenkunde. Die vollständigste deutsche Zusammenstellung ist Klenke, die Verfälschung der Nahrungsmittel.

XXXIII.
Trinkwasser und Milch.

Wir beginnen mit einem unserer wichtigsten Nahrungsmittel, dem Trinkwasser. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, daß die Ueberwachung des Trinkwassers ein wichtiger Gegenstand für die öffentliche Gesundheitspolizei sei. Da wo Städte durch öffentliche Wasserleitungen versorgt werden und wo man sein Trinkwasser aus einer solchen bezieht, kann man sich allenfalls mit der behördlichen Fürsorge genügen lassen, allein anders ist dies bei den sogenannten Hausbrunnen. Es giebt fast keine größere Epidemie von Typhus, Cholera, Wechselfieber, gelbem Fieber, Ruhr 2c., wo nicht solche Hausbrunnen nebst den Abtritten und Cloaken eben deshalb eine so verdächtige Rolle spielen, weil sie in den meisten Fällen mit einander in Verbindung stehen und vom wissenschaftlichen Standpunkt aus sind die Hausbrunnen inmitten bevölkerter Städte, vollends in der Nähe von Schlachthäusern, Kirchhöfen 2c., geradezu als eine Erbschaft aus einer unaufgeklärten Vergangenheit zu verdammen und zu verwerfen. So lange nun aber einmal diese Einsicht nicht ihren gesetzlichen Ausdruck findet und diese Brunnen von Amtswegen nicht verschüttet werden, wird der Einzelne gut thun, sich um die Beschaffenheit des Trinkwassers zu kümmern, an das er gewiesen ist. In seiner Prüfung giebt es wieder zwei Wege, das Vergrößerungsglas und die chemische Zersetzung. Mit dem ersteren erlangt man Aufschluß über die Verunreinigungen durch niedere Thiere und Pflanzen. Da der Leser aus der Auseinandersetzung über die Krankheitsursachen entnommen haben wird, daß man hauptsächlich auf derlei Beimischungen zum Trinkwasser sein Augenmerk zu richten hat, so springt die Wichtigkeit einer solchen Untersuchung sofort in's Auge und man sollte sie um so weniger unterlassen, als ihre Ausführung

höchst einfach ist. Man filtrire sich eine Partie desselben durch ein reines Fließpapier und wasche den Rückstand in der Spitze des Filters in einem Wassertropfen aus, den man unter das Mikroskop bringt. Menge und Aussehen des Rückstandes bestimmen Natur und Betrag der Verunreinigung. In der nachstehenden Abbildung (Fig. 362)



Fig. 362.

gebe ich den Rückstand des Themsewassers, ehe es von den Wasserwerken zum Trinkgebrauch filtrirt wird. Der Leser sieht darin Sonnenthierchen, verschiedene Arten von Wimperinfusorien, einen Krebsfloh, Navicellen, Hygrocrocisfäden &c. Ein Wasser, in dem man derlei Organismen findet, sollte nie als Trinkwasser verwendet werden, ohne daß man es zuvor filtrirt und eine solche Vernachlässigung ist um so unverantwortlicher, als man jetzt überall in den größeren Städten

praktische Filtrirapparate zu kaufen bekömmt. Dann handelt es sich ja nur um das Wasser, was frisch getrunken wird, denn wird das Wasser gekocht, so ist alle schädliche Wirkung derartiger Beimischungen beseitigt, da die Kochhitze sie alle zerstört. Dabei will ich auf einen häufigen Uebelstand aufmerksam machen. Man liebt es in Haushaltungen, das Wasser in steinernen Krügen aufzubewahren, da dasselbe kühler bleibt. Gewöhnlich werden solche Geschirre gar nie leer. Während man zum Brunnen geht, gießt man das abgestandene Wasser aus, schwenkt das Geschirr ein paar mal mit frischem Wasser um und füllt es dann wieder. Manche Hausfrau würde erschreckt zurückfahren, wenn man ihr ein Bischen von dem schleimigen Ueberzug, der sich im Boden solcher Krüge nach wenig Wochen bildet, unter's Mikroskop legte. — Ein Wald verschiedenartiger Pflanzengebilde, durch den sich borstige Infusorien winden.

Die chemische Zerlegung des Trinkwassers ist für den Hausbrauch weit weniger nothwendig, für den genügt's, zu wissen, ob das Wasser hart oder weich ist und endlich, ob es nicht durch stinkende Gase verunreinigt wurde. Das Letztere erkennt man daran, wenn ein Tropfen, auf blankem Silber eintrocknend, einen schwarzen Fleck hinterläßt und ist das Wasser sehr hart, so wird es sich milchig trüben, wenn wir mit einem Strohhalm oder Federkiel längere Zeit Luft dadurch blasen.

Wenig Nahrungsmittel werden dergestalt maltraitirt und gefälscht, als die Milch und namentlich die groben über alles Maß gehenden Verfälschungen, denen man in Paris auf die Spur kam, haben die Behörden veranlaßt, in den größeren Städten eine polizeiliche Besichtigung einzuführen. Die Mannigfaltigkeit der zur Verunreinigung gebrauchten Stoffe und der begreifliche Wunsch, mit möglichst wenig Zeitaufwand die Verfälschung zu erkennen, hat eine Reihe verschiedener Prüfungsmethoden in's Leben gerufen, die zu schildern Fachschriften überlassen bleiben muß. Ein Theil prüft die Milch durch eine vollständige chemische Zerfällung, was begreiflicherweise sehr zeitraubend ist und natürlich da nicht vorgenommen werden kann, wo es sich

nur um die Marktpolizei handelt. Dem letztern Zweck dienen Proben mehr mechanischer Natur, indem man entweder den Grad der Durchsichtigkeit oder die Eigenschwere der Milch im Vergleich zum Wasser oder den trockenen Rückstand bestimmt. Ich will hier nur einige Proben, wie sie Jeder vornehmen kann, kurz angeben, ohne über die Grenzen des Hausbrauchs hinauszugehen. Den häufigen Zusatz von Potasche oder Soda, um im Sommer die Milch vor dem Sauerwerden zu bewahren, erkennt man daran, daß die Milch bei Zusatz von starkem Essig aufschäumt. Giebt sie beim Schütteln große farbenspielende Blasen, so ist Seife beigemischt, der Beimischung von Mehl ist eine Milch verdächtig, die sehr leicht anbrennt und beim Stehen in einem Glas einen Bodensatz giebt. Zur Gewißheit wird dies, wenn der Bodensatz bei Zusatz von Jodtinctur blau wird.

Die mikroskopische Untersuchung der Milch, die uns im vorliegenden Fall zunächst interessirt, giebt uns allerdings nur über wenige und verhältnißmäßig seltene Fälschungen Aufschluß, aber dann auch sicher und rasch. Selbstverständlich sind es nur die unlöslichen Beimengungen zu diesem Nahrungsmittel. Gesunde Milch (siehe oben Fig. 33a) darf nämlich nichts enthalten als größere und kleinere Körnchen von hellem Aussehen, die sogenannten Butterkügelchen, die bei Behandlung mit Essigsäure zu größeren Tropfen zusammenfließen. Findet man in der Milch gekörnte Kugeln, in denen bei Essigsäurezusatz Kerne erscheinen (siehe Fig. 33b), so enthält sie in fettigem Zerfall begriffene Epitelzellen, ein Beweis, daß das Thier krank ist, und ebenso leicht zu unterscheiden sind die großen Colostrumkugeln, welche die unbrauchbare Milch von Thieren in den ersten Tagen nach der Geburt des Kalbes enthält. Bei Mehlzusatz, von dem ich schon gesprochen, findet man in dem Bodensatz die mit Jod sich bläuenden Stärkekörner. Eine andere infame Verfälschung der Milch, der man nicht nur in Frankreich, sondern auch schon in verschiedenen Orten in Deutschland auf die Spur gekommen ist, nämlich die mit fein geriebenem Hammelshirn, das man zuvor gekocht hatte, weist das Mikroskop augenblicklich nach (siehe Fig. 363). Ebenso findet man

Stücke von Pflanzengewebe, wenn sie mit Hanfmilch, überhaupt mit Emulsionen von öligen Samen gemischt ist. Ferner kommt eine bläuliche Milch vor, wenn sich gewisse niedere Organismen, das so-

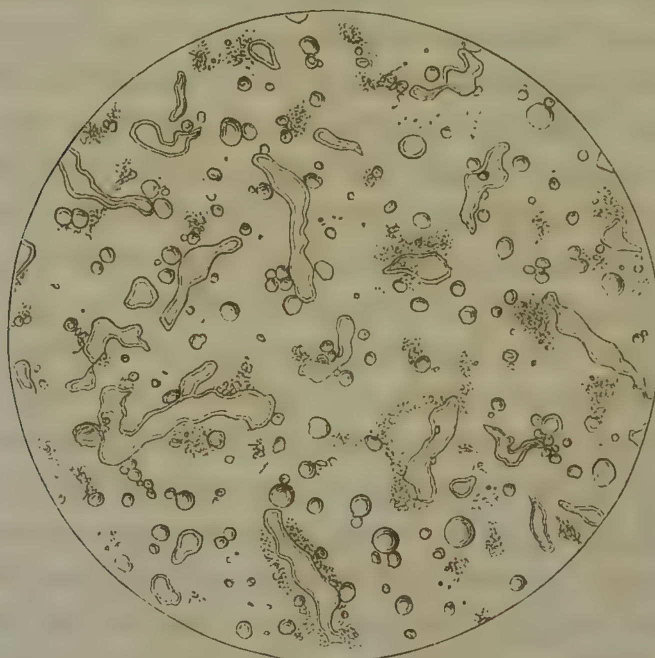


Fig. 363.

genannte Vibrio cyanogenus, in ihr entwickeln und ein anderes, Vibrio xanthogenus, färbt sie gelb. Diese Organismen erscheinen unter dem Vergrößerungsglas als feine, sich bewegende, perlschnurförmige Fädchen, an denen jedoch selbst keine Farbe wahrzunehmen ist. Rührt die blaue Färbung der Milch von Fütterung mit färbenden Kräutern her, so wird man solche Gebilde nicht finden. Endlich hat man Blutkörperchen in einer Milch gefunden, die eine röthliche Farbe besaß. Besondere Regeln für die mikroskopische Untersuchung der Milch giebt es keine, als etwa die, daß man sein Augenmerk vorzugsweise auf etwaige Bodensätze zu richten hat.

Aus dem Angeführten wird der Leser entnommen haben, daß den Verfälschungen der Milch gegenüber das Mikroskop einen beschränkteren Werth hat, da eben die allerhäufigste die Wassertaufe ist

der gegenüber ist das Mikroskop machtlos. Um sie zu erkennen, kaufe sich der gewissenhafte Familienvater eine Milchwage und lasse hier und da einmal seine Milch von einem Sachverständigen untersuchen, deren es heutzutage in jeder größern Stadt giebt.

XXXIV.

Thee und Chocolade.

Es giebt wenige Droguen, bei welchen den Fälschungen ein größerer Spielraum gegeben ist, als beim Thee. Allein als Theesurrogate werden in der ganzen Welt nicht weniger als 97 Pflanzen-

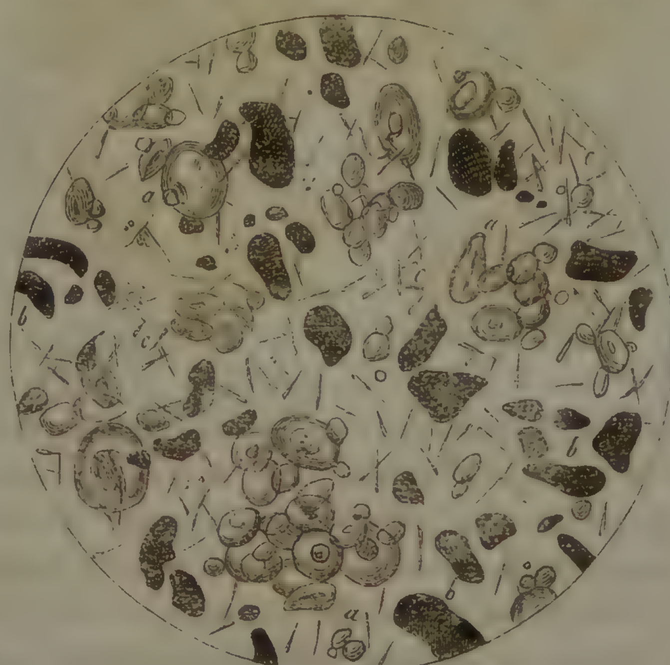


Fig. 364.

arten verwendet. Nun wird nicht nur mit allen diesen der ächte Thee gefälscht, sondern außerdem mischt man die Blätter des Schleh-

dorns, der Ulme, der Esche, des Weidenröschens ꝛc., mit Gambir gefärbt, den ächten Theeblättern bei. Ja man hat gefunden, daß statt des Gunpowderthees, den die Chinesen durch Zusammenkleben von Staub verschiedener Theesorten mit Gummi herstellen, und der die Form von harten Körnern hat, ein Pulver verkauft wurde, das gar keinen Thee enthält, sondern (siehe Fig. 364) aus Weizenstärke (a), Bruchstücken von Catechuharz (b), und den im Catechuharz vorkommenden Krystallnadeln (c) zusammengesetzt war. Wäre Thee darunter gewesen, so hätte man unter dem Mikroskop Stückchen finden müssen, wie die nachstehenden in Figur 365, von denen a die Epidermis

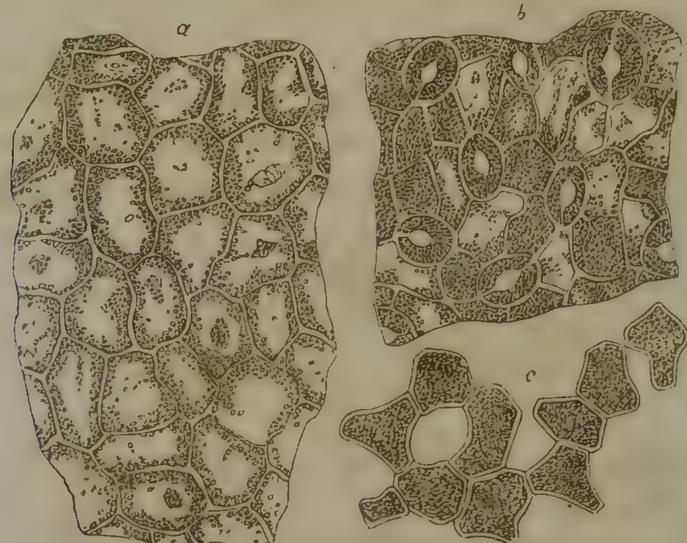


Fig. 365.

der oberen, b die der unteren Oberhaut mit den Spaltöffnungen, und c das Netz der farbstoffhaltigen Binnenzellen eines Theeblattes ist.

Bei der Prüfung des Thees hat man darauf zu achten, daß nicht nur ganze Blätter von andern Pflanzen darunter gemischt sind, sondern daß es außerordentlich üblich ist, unter den ächten Thee das Pulver von Blüthen und Blättern wohlriechender Pflanzen zu mischen, und zwar thun dies schon die Chinesen. Man hat also immer zunächst die ganzen Blätter zu prüfen, indem man sie aufweicht und unter der Presse trocknet. Ich habe die Blätter des ächten Thees

in natürlicher Größe nebenangesetzt (siehe Fig. 366). a ist ein junges Blatt, b eines von mittlerer Größe und c eines der größten, d ist ein Blatt des grünen Thees. Das Charakteristische an diesen Blät=



Fig. 366.

tern ist außer der Form das, daß die von der Mittelrippe ausgehen=den Hauptnerven bogig in die nächstfolgenden sich verlieren. Alle in Form und Nervenverlauf anders gearteten Blätter sind Verfäl=schungen. —

Hat man die ganzen Blätter untersucht, so wende man sich zu der staubigen Masse und untersuche sie mit dem Vergrößerungsglas. Man befeuchtet das Pulver am besten mit einem ätherischen Oel, um die Blattfragmente durchsichtig zu machen. Sie müssen dann genau die Zeichnung geben, wie sie in der obigen Figur 365 abge=bildet ist. Dabei entdeckt man auch alle Beimischungen von andern Dingen als Blätter, Catechuharz, Stärkemehlkörner, Campecheholz,

Curcumapulver, Glimmerplättchen, Feldspath, Indigo ꝛc. Diese letzteren Beimischungen werden hauptsächlich dann gegeben, wenn man bereits gebrauchten Thee wieder auffrischen und zum zweitenmal zum Verkauf bringen will, eine betrügerische Manipulation, die außerordentlich schwunghaft betrieben wird.

Etwas schwieriger ist die Untersuchung der Chocolade, einerseits da man es hier mit einem Artikel zu thun hat, der durch mannigfache Manipulationen seine natürliche Beschaffenheit verloren hat, und dann sind die Verfälschungen gerade bei diesem Nahrungsmittel so allgemein, daß es schwer hält überhaupt eine ächte Chocolade zu bekommen. Eigentlich soll nur die Bohne selbst verwendet werden, die aus großen Zellen, mit zahlreichen kleinen Stärkekörperchen erfüllt (siehe Fig. 367), besteht. Die Hülsen der Cacaobohne, die

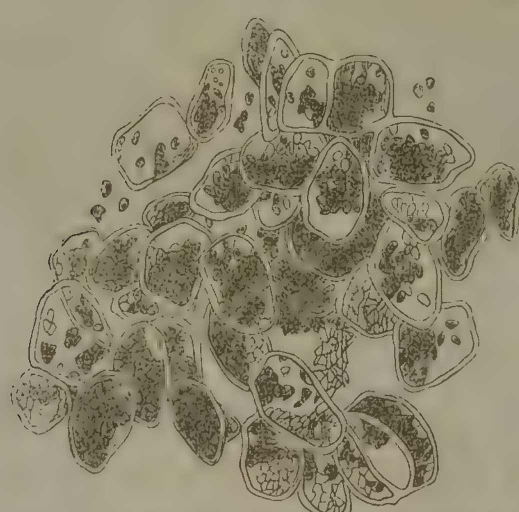


Fig. 367.

auch für sich rein in Handel kommen, sollen in einer ächten Chocolade nicht zu finden sein. Das Vergrößerungsglas entdeckt sie sehr leicht, da sie ein ganz anderes Ansehen haben. Die Oberfläche derselben besteht aus langen Röhrenfasern (siehe Fig. 368 A) und darunter sind zwei Lagen, die eine (siehe Fig. 368 B, a) besteht aus verschmolzenen lang gestreckten Zellen, die andere (b) aus großen kugligen Gebilden mit schleimiger Substanz gefüllt. Diese letzteren bilden die größte

Substanzmasse der Schale, und man sieht außerdem zwischen ihnen Gefäßbündel mit den bekannten Spiralfäden. Wenn das Mikroskop derlei Fragmente in der Chocolade entdeckt, so ist sie mit Hülsen ge-

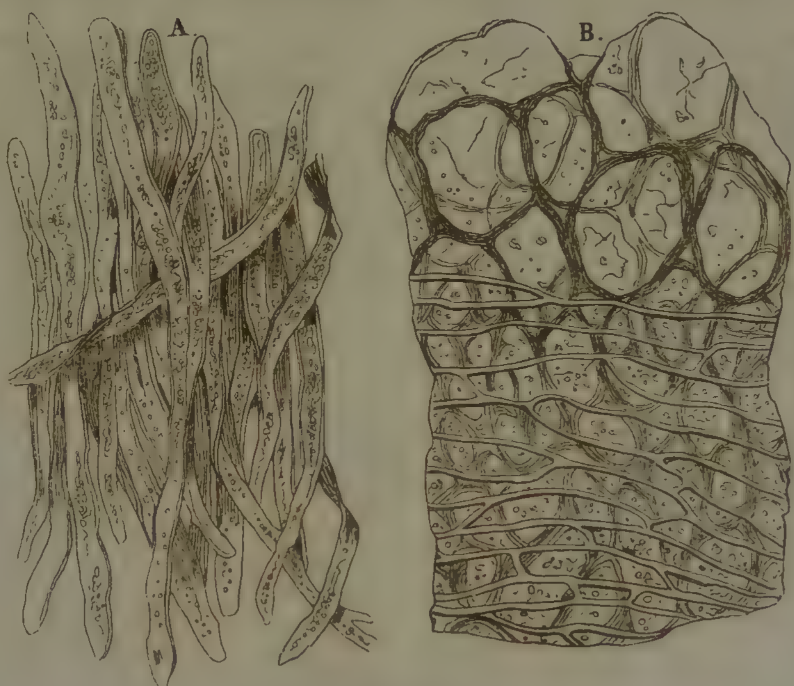


Fig. 368.

fälscht. Weit verbreitet ist ferner die Fälschung mit Mehl, Kartoffelstärke, Cocusnußöl, Fett und Talg. Man fand einmal unter der Etikette: „Feinste Chocolade" eine Mischung von Hammelfett, Zucker und Cacaoschalen. In England ging die Frechheit der Fabrikanten so weit, ein Gemisch von grobem Schiffszwieback, Kleienmehl und Ziegelsteinstaub als Chocolade zu verkaufen. Weitere liebenswürdige Beimengungen sind Ocker, Mennige, Gyps, Kreide, Zinnober, Sägemehl und Gartenerde, und statt der Vanille Perubalsam. Die vielfach angepriesene sogenannte homöopathische Chocolade trägt insofern ihren Namen mit Recht, als sich in ihr nur homöopathische Spuren von Chocolade befinden, das übrige ist gewöhnlich Kartoffelstärke, Arrowroot oder Tapiokamehl.

Bei der Untersuchung löst man die Chocolade in Wasser auf

und prüft vorzugsweise den Bodensatz, in dem man namentlich die erdigen Bestandtheile und das Mehl mit dem Vergrößerungsglas leicht unterscheidet.

Ueber den Kaffee glaube ich hinweggehen zu sollen. Wer unvorsichtig genug ist, gemahlenen zu kaufen, der kann im Vorhinein annehmen, daß er betrogen wird. Dasselbe gilt von den Gewürzen, z. B. der gemahlene Pfeffer enthält gewöhnlich Rübsamen, Roggenmehl, Weizenmehl, Erbsenmehl, Bohnenmehl, Senf, Stiele von Pfeffer, Hanf, Leinsamen, Bertramswurzel und gebranntes Elfenbein. Aber man geht bei diesem vielgebrauchten Gewürz selbst dann nicht ganz sicher, wenn man die ungemahlenen Beeren kauft. So hat man in England Pfefferkörner in den Handel gebracht, die aus Oelkuchen, Maurerlehm und ein wenig Cayennepfeffer geformt waren. Man hat also auch hier alle Ursache auf seiner Hut zu sein.

XXXV.

Mehl und Brod.

Um die Verfälschungen dieser Nahrungsmittel erschöpfend zu behandeln, hätte man eigentlich ein ganzes Buch zu schreiben. Ich muß mich deshalb beschränken, aus dem vorliegenden Material das Wesentlichste auszuziehen, soweit es mikroskopischer Prüfung zugänglich ist. In dieser Beziehung ist zunächst voranzustellen, daß die Mehle der verschiedenen Getreidearten und Hülsenfrüchte für das Vergrößerungsglas so charakteristische Kennzeichen besitzen, daß sie mit vollkommener Leichtigkeit von einander unterschieden werden können, und es wird am besten sein, dem Leser die Abbildungen der verschiedenen Mehlsorten zur Vergleichung neben einander zu stellen. Figur 369 enthält die vier gewöhnlichsten Getreidemehlsorten, A ist

Weizenmehl, B Roggenmehl, C Gerste und D Hafer, alle 420mal vergrößert. Am meisten verwandt sind Weizen und Gerste, deren Stärkekörperchen ganz ähnlich aussehen, doch sind die der Gerste um ein

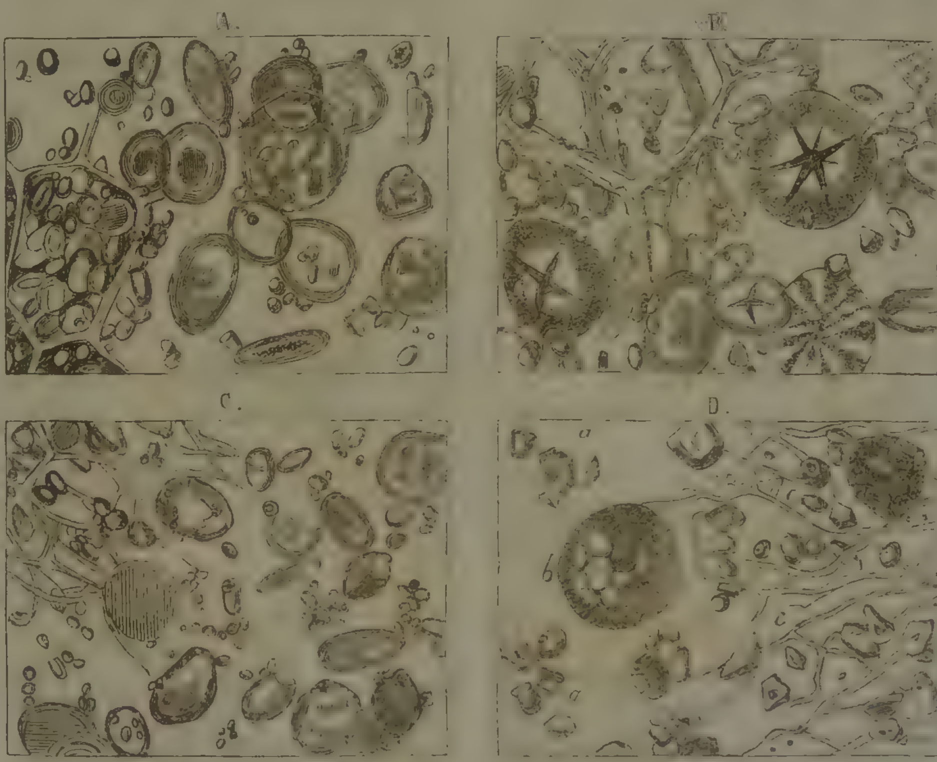


Fig. 369.

Gutes kleiner als die des Weizens. Auffallend verschieden sind Roggen und Hafer, der erstere hat außerordentlich große Stärkemehlkörner, die wegen ihrer Größe vom Mühlstein gequetscht werden und in Folge davon sternförmige Risse bekommen. Gerade umgekehrt ist es bei dem Hafer. Seine Stärkekörperchen sind sehr klein und nicht scheibenförmig rund, sondern kantig, und häufig sieht man sie (b) noch haufenweise zusammengepreßt, wie sie in einer Zelle beisammen waren.

Als Seitenstück hierzu gebe ich in Figur 370 die Mehle unserer üblichsten Hülsenfrüchte, A Erbsenmehl, B Bohnenmehl, C Linsenmehl und hierzu in D noch das Mehl von Mais oder Welschkorn, gleichfalls in 420maliger Vergrößerung. Die Stärkekörner der

Hülsenfrüchte sind im Allgemeinen kugliger und zeigen ovale oder nierenförmige Gestalten und außerdem fast alle sternförmige Sprünge. Die Maisstärke zeigt viele eckige Körperchen, wie die des Hafers, aber sie sind viel größer.

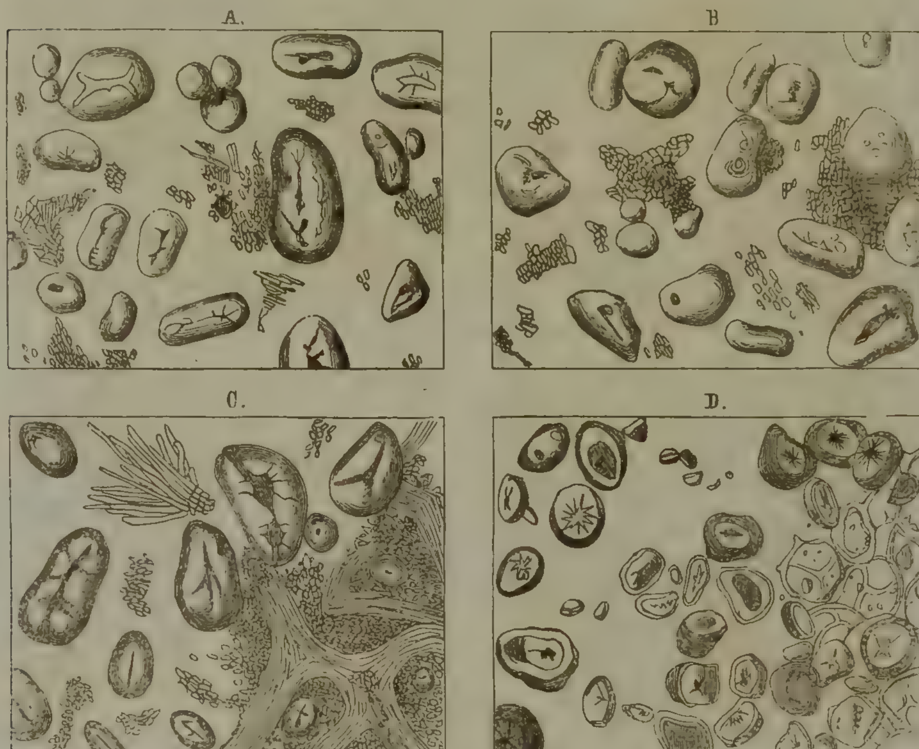


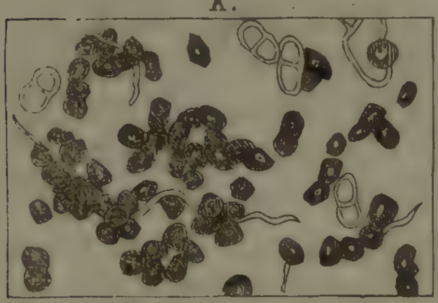
Fig. 370.

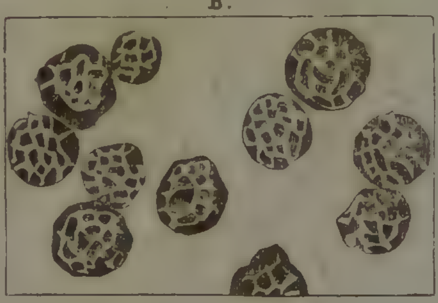
Nebstdem ist es noch wichtig, die Kartoffelstärke zu kennen (die wir unten bei den Nährmehlen abbilden wollen), weil sie eine außerordentlich beliebte Verfälschung der Getreidemehle bildet.

Die Chemiker haben eine Reihe von Prüfungsmethoden erdacht, mit denen es gelingt, Beimischungen von ordinäreren Mehlen zu besseren zu entdecken, allein die Ausführung erfordert eine Reihe specieller Kenntnisse. Die mikroskopische Untersuchung ist übrigens auch nicht ganz einfach. Die Beimengung von Kartoffelstärke läßt sich zwar ohne Weiteres erkennen, da die Stärkekörner der letzteren ganz unverhältnißmäßig viel größer sind. Bei anderweitigen Beimengungen empfiehlt es sich aber, durch eine vorläufige Manipulation die ver=

schiedenen Stärkearten räumlich von einander zu trennen. Zu diesem Zweck muß die Stärke von dem Kleber getrennt werden, man macht einen steifen Teig, der gut geknetet wird und den wäscht man unter einem Wasserstrahl ihn nochmals knetend so lange, als das abfließende Wasser sich noch milchig getrübt zeigt. Das Letztere wird in einer großen Schale aufgefangen und enthält die Stärkekörner, die sich beim Stehenlassen zu Boden senken. Der Umstand, daß die größeren schwereren dies früher thun als die kleineren leichteren, setzt einen in den Stand, sogar mit bloßem Auge zu unterscheiden, ob das Mehl überhaupt verfälscht war. Läßt man nämlich die stärkemehlhaltige Flüssigkeit etwa in einem Champagnerkelch sich absetzen, so sieht man schon ohne Vergrößerungsglas, daß der Niederschlag aus Schichten von verschiedenem Aussehen besteht, sobald mehrerlei Stärkemehlarten gemengt sind. Am auffallendsten ist dies, wenn Kartoffelstärke darunter ist, die dann die unterste Schicht bildet.

A. B.





C.



Fig. 371.

Will man sich noch weiter vergewissern, so hebt man das Wasser von dem Niederschlag sorgfältig ab, läßt diesen vollends eintrocknen, und stürzt dann den Stärkemehlkegel vorsichtig heraus. Jetzt kann

man mit dem Mikroskop die Stärkekörner der einzelnen Schichten vergleichen. Die vorhin beschriebene Manipulation der Abscheidung des Klebers erleichtert auch die Auffindung anderer Beimischungen. So werden alle unlöslichen Mineralstoffe, besonders die nie ganz fehlende Beimischung von Sand, der sich vom Mühlstein abgerieben hat, die unterste Schicht im Niederschlag einnehmen, während die Sporen des Flug- und Schmierbrandes (A und B Figur 371 in 420facher Vergrößerung), sowie die Stücke vom Gewebe des Mutterkorns (die in C bei gleicher Vergrößerung abgebildet sind), weil sie leichter sind als die Stärkekörner, die oberste Lage bilden, die sich dann schon durch ihre dunkle Farbe leicht abhebt.

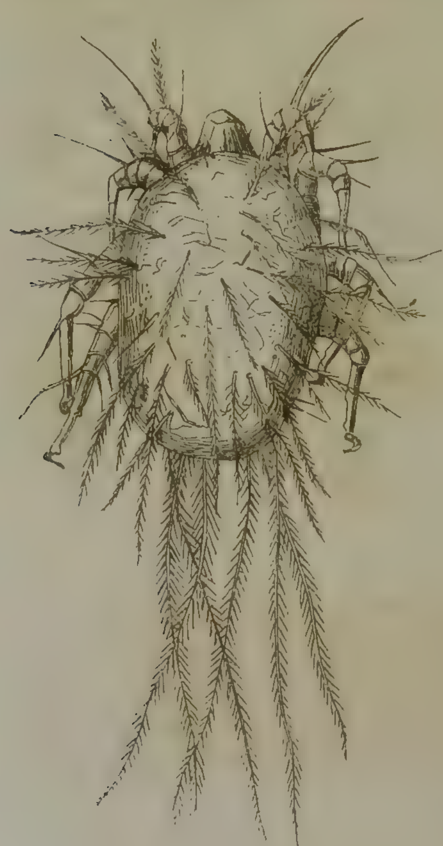


Fig. 372.

Daß das Mehl nicht ganz frei von Schmarotzerthieren ist, habe ich schon in dem dritten Abschnitt der vorliegenden Schrift erwähnt, als ich von den Weizenälchen sprach, es bleibt mir also hier blos übrig, die Mehlmilbe abzubilden (siehe Fig. 372), die oft in ungeheuren Mengen altes lang gestandenes Mehl bevölkert, doch muß dabei bemerkt werden, daß diese Milbe vorzugsweise auf den Mehlen der Hülsenfrüchte vorkommt, aber gerade dann, wenn diese zur Verfälschung der Getreidemehle benutzt werden, auch auf den letzteren sich findet. Verdacht zu ihrer Anwesenheit liegt vor, wenn das Mehl einen dumpfigen Modergeruch hat und unter dem Vergrößerungsglas sieht man sie ohne alle weitere Vorbereitung umhermarschiren.

Ich will nun noch eine Abbildung von den wichtigsten Stärke-

mehlarten geben, insoweit sie als Sago und sogenannte Nähr- oder Kindermehle in den Handel kommen. In Figur 373 A sind die Stärkekörner des ächten Sago's, daneben in B die der Kartoffel.

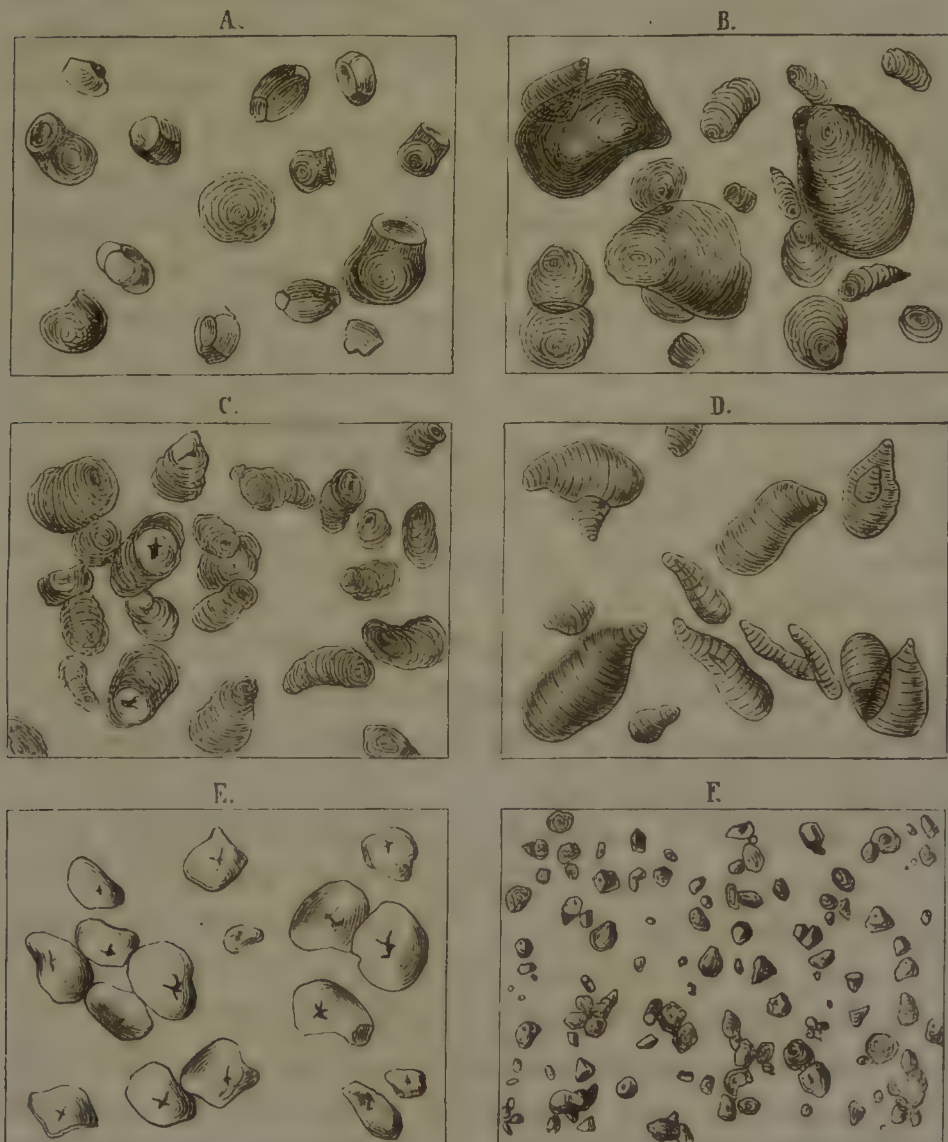


Fig. 373.

Da der größte Theil des in Handel kommenden Sago's aus Kartoffelstärke besteht, wobei nur die größeren Körner zerbrochen sind, so orientiren diese Figuren zugleich auch über diese Verfälschung.

Die übrigen Figuren geben vier verschiedene Stärkemehle, die wir alle unter der Bezeichnung Arrowroot bekommen und die man namentlich für Säuglinge und Kranke verwendet. Genau genommen dürfen wir nur das in C abgebildete Maranta-Arrowroot als ächt bezeichnen. Es stammt aus dem Wurzelstock einer amerikanischen Pflanze, der sogenannten Pfeilwurz. D giebt das Stärkemehl des Curcuma-Arrowroot, das von einer ostindischen Pflanze kommt, E ist das bekannte Tapiokamehl aus Brasilien und F stammt von einer auch bei uns wildwachsenden Pflanze, Arum maculatum, her, die in wärmeren Gegenden, namentlich auf der Portlandinsel, cultivirt wird. Die beiden letzteren Arrowroot-Arten sind im Handel die häufigsten, haben aber bei weitem nicht den Werth der Maranta und werden selbst wieder mit Kartoffelstärke, Reismehl, Hafermehl, Gyps und Kreide vermischt. Will man Arrowroot auf seine Güte untersuchen, so übergießt man es mit kaltem Wasser, in ihm löst sich die Arrowrootstärke auf. Im Rückstand findet man dann die anderweitigen Beimischungen sehr leicht. Um zu entscheiden, welche Art von Arrowroot man vor sich hat, gebe man eine kleine Portion mit Nelkenöl befeuchtet unter das Vergrößerungsglas und vergleiche es mit den obigen Abbildungen, die das Aussehen dieser Stärkemehlsorten bei 220 facher Vergrößerung zeigen.

Das Brod ist mannigfachen Verfälschungen ausgesetzt, denen wir im Allgemeinen nur durch chemische Prüfungen sicher auf die Spur kommen können. Nicht nur alle möglichen weiß aussehenden Mineralien hat man verwendet, sondern selbst den giftigen Kupfervitriol, der die Eigenschaft hat, schlechtes, gemischtes Mehl zu leichterer Verarbeitung tauglich zu machen und dem fertigen Brod eine schöne Rinde und gutes Aussehen zu geben. Es sind auf diese Weise schon ganze Familien vergiftet worden.

Zu ihrer Erkennung giebt es nur chemische, aber vollkommen sichere Prüfungsmethoden. Dagegen leistet das Mikroskop seine Dienste, um den Zusatz von Hülsenfrüchtemehlen und Kartoffelmehl, der so außerordentlich häufig ist, zu ermitteln. Man nimmt zu diesem

Zwecke etwas Krume und bringt diese auf ein Objectgläschen mit ein Paar Tropfen von Aetzkalilösung. Ist die Krume gehörig darin vertheilt, so legt man ein Deckgläschen darauf und beobachtet sie mit dem Mikroskope. Die Aetzkalilösung bläht die Stärkekörperchen dergestalt auf, daß sie vollkommen durchsichtig werden und so verschwinden. Sobald nun Bohnen- oder anderes Hülsenfrüchtemehl beigemischt war, so erblickt man Fetzchen von Zellgewebe, denn dieses wird von dem Aetzkali nicht verändert. Uebrigens lassen sich auch diese Verfälschungen auf chemischem Wege leicht nachweisen, nur ist das eben freilich nicht Jedermanns Sache.

XXXVI.

Prüfung der Gewebe.

Nebst den Nahrungsmitteln sind es die Bekleidungsstoffe, welche auf ihre Aechtheit zu prüfen oft von Wichtigkeit ist, da sie den mannigfaltigsten Fälschungen unterworfen sind. Besonders ist es die Leinwand, mit der der größte Schwindel getrieben wird und doch ist es bei ihr von Interesse, unverfälschte Waare zu bekommen, weil ihre Dauerhaftigkeit wesentlich von der Reinheit abhängt. Die Täuschungen bestehen entweder darin, daß man durch künstliche Zusätze zur sogenannten Appretur der Leinwand ein Aussehen und ein Gewicht giebt, welches ihrem Werthe nicht entspricht, und die zweite Reihe von Fälschungen besteht in der Vermischung billigerer und theuerer Materialien, also namentlich im Zusatz von Baumwollfaden zur Leinwand. Auch hier giebt es zur Prüfung wieder zwei Wege, den chemischen und den mikroskopischen. Der letztere beruht darauf, daß die Fäden, die man zu Bekleidungsstoffen verwendet, ein ganz verschiedenes Aussehen haben, je nach ihrem Herkommen und zwar schon,

ohne daß man sie weiter zubereitet. In der nachstehenden Figur 374 habe ich die sechs verschiedenen Fasersorten, die dem Pflanzenreich entstammen, in 200maliger Vergrößerung dargestellt. A ist der Flachs,

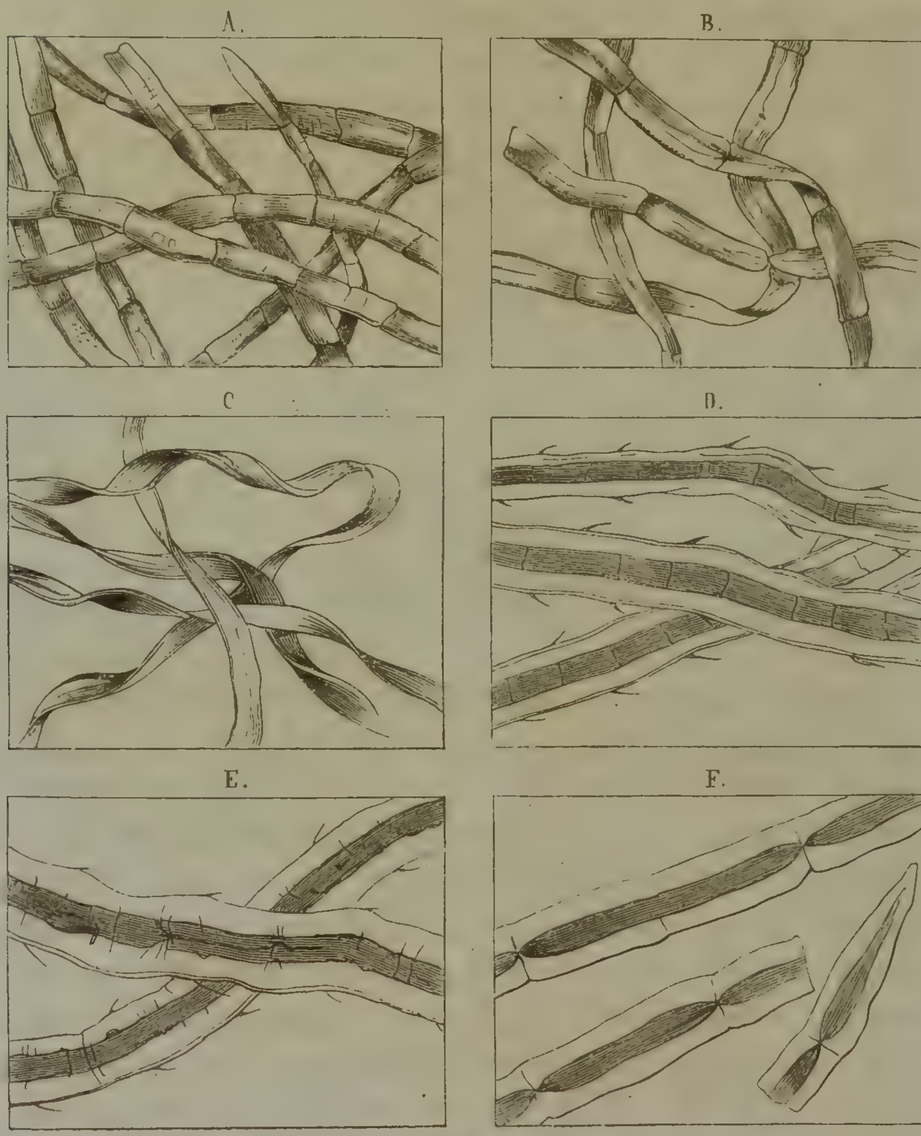


Fig. 374.

B der Hanf und C die Baumwolle. Die letztere unterscheidet sich von den andern am auffälligsten durch die spiralige Drehung, dadurch, daß der Faden ein plattes Band ist und keinerlei Gliederung zeigt. Dagegen stimmen die Fasern von Flachs und Hanf durch die Gliederung,

die Abwesenheit der Spiraldrehung und durch mehr rundlichen oder eckigen Querschnitt unter einander überein sowie dadurch, daß die Enden der Fasern eine allmählige Zuspitzung zeigen. Der Unterschied besteht in der derberen Bildung und stärkeren Gliederung des Hanfs im Gegensatz zum Flachs, der freilich dem Uneingeweihten leicht entgeht. Die drei anderen Faserarten, die in obiger Figur abgebildet sind, haben für die Praxis weniger Bedeutung, da sie ziemlich selten verwendet werden. D ist die Faser der Puya, E des chinesischen Graszeugs und F die der Jute. Ich habe sie nur der Vollständigkeit halber beigefügt und deshalb, weil manche Kaufleute ihren Kunden weiß machen, ein vorgezeigtes Gewebe bestehe aus den Fasern irgend einer neu entdeckten wunderbaren Grasart. Das Wahre ist, daß man eben nur diese drei Pflanzen zu feinen Geweben verwenden kann, denn die anderen wie der Manillahanf und der Neuseelandflachs

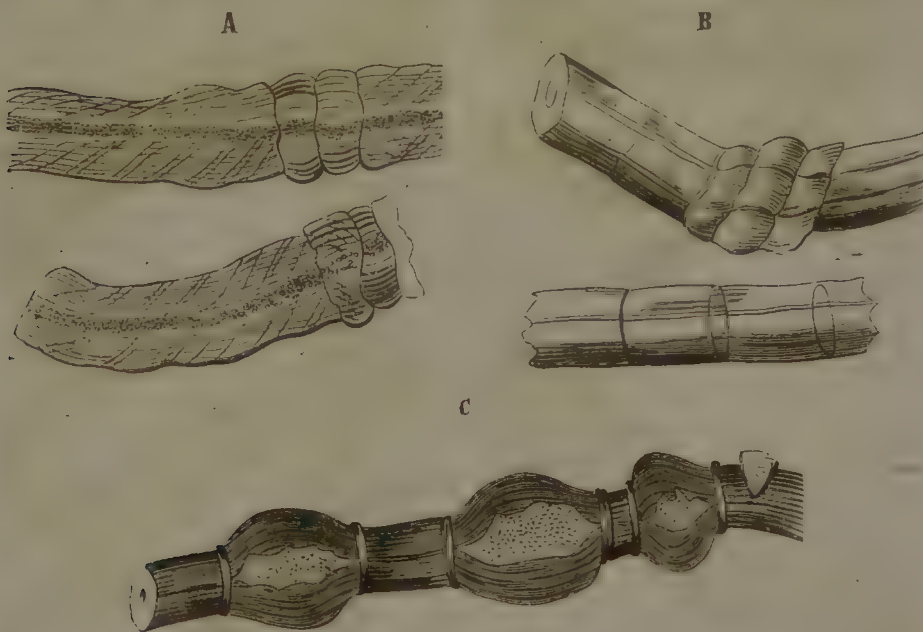


Fig. 375

können nur zu ganz groben Stoffen, namentlich zu Matten, Netzen und Seilen, benutzt werden.

Während ein Geübter schon dann die Fasern eines Gewebes unterscheiden kann, wenn er sie mit einem Tropfen Wasser befeuchtet

und mit einem Deckgläschen belegt unter das Vergrößerungsglas bringt, thut man doch gut, die zu prüfenden Fasern eine Zeitlang in einem Probirgläschen mit Salpetersäure zu kochen. Dadurch werden die Unterschiede weit auffallender. Ich habe in Figur 375 die schon erwähnten drei ersten verschiedenen Faserarten dargestellt, wie sie sich nach dieser Behandlung unter 400facher Vergrößerung ausnehmen. In der Flachsfaser (A) sieht man deutlich den mit einer körnigen Masse gefüllten Centralcanal, während bei der Hanffaser (B) der Canal weiter und ohne körnige Füllung ist. Die Baumwollfaser (C) zeigt abwechselnde Einschnürungen und Auftreibungen ihres Mittelcanals und sieht außerdem aus wie mit Ringen belegt.

Aus dem Thierreich verwendet man für Bekleidungsstoffe die

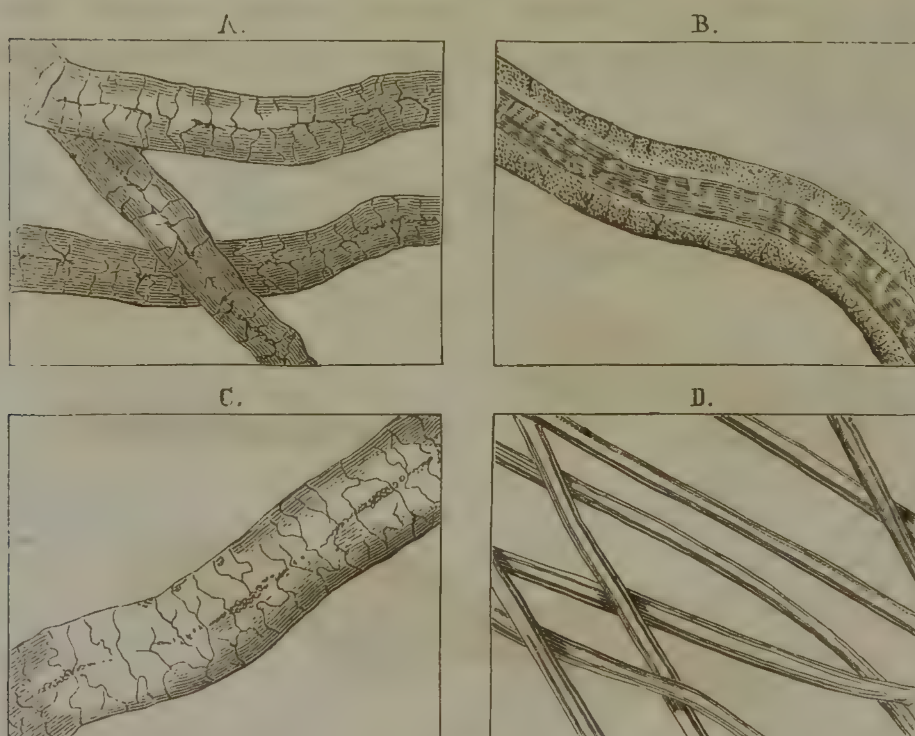


Fig. 376.

Haare des Schafes, einiger Ziegenrassen, des Kameels und der Lama-arten und endlich die Seide, von der die größte Quantität dem Maulbeerseidenwurm entstammt. (Man hat neuerer Zeit noch von einer

Reihe in- und ausländischer Schmetterlinge Seiden gewonnen, allein noch nicht in dem Umfang, daß eine Unterscheidung der verschiedenen Sorten von Seidenfäden zum Bedürfniß geworden wäre.) In der beigefügten Figur 376 sind die thierischen Fäden zusammengestellt, A sind die Wollhaare des Schafes, B die der Kaschmirziege, C ein Kameelhaar und D Seidenfäden. A und D sind 200mal vergrößert, B und C 100mal. Das thierische Haar ist unter dem Mikroskop meist zu erkennen an den Zickzacklinien, die seine Oberfläche zieren und von der Haarepidermis herrühren, an dem Hohlcanal in der Mitte und endlich daran, daß es nie ein plattgedrücktes Band ist, sondern einen kreisförmigen oder eiförmigen Querschnitt hat, endlich daß ihm jede Gliederung fehlt. Der Seidenfaden hat keinen Hohlcanal, sondern ist ein glasheller Cylinder, der das Licht sehr stark bricht. Structur besitzt er gar keine, er ist nicht aus Zellen aufgebaut wie ein Haar, noch selbst eine Zelle wie die Pflanzenfasern, sondern er entstand durch Erstarrung einer kautschukartigen Flüssigkeit, die die Raupe in ihrer Spinndrüse absondert.

Wem das bloße Ansehen unter dem Mikroskop nicht genügt, die Wollhaare von den Pflanzenfasern zu unterscheiden, der kann sich auf chemischem Wege durch eine Reihe von Methoden vergewissern; unter anderen dadurch, daß die Wolle beim Kochen in einer Aetzkalilösung sich auflöst.

XXXVII.
Schluß.

Die Existenz jedes Wesens beruht darauf, daß es die Naturgegenstände und Kräfte, insoweit sie Einfluß haben auf seine eigne Existenz, möglichst genau, sicher und schnell erkennt und unterscheidet. Am auffälligsten springt uns dies in die Augen bei den Thieren, die für ihre Existenz selbst zu sorgen haben, denn jede erworbene oder angeborene Unvollständigkeit ihrer Sinne bringt ihnen unausweichliches Verderben. Den Menschen hat sein geselliges Zusammenleben zwar insofern eines Theils dieser Sorge enthoben, als nicht mehr das Leben des Einzelnen von der Vollkommenheit seiner Sinne abhängig ist, aber im Großen und Ganzen gilt für den Menschen in dieser Beziehung das Gleiche wie für das Thier. Warum diese Nothwendigkeit dem Einzelnen nicht in so stetem Bewußtsein bleibt, rührt eben davon her, daß eine Arbeitstheilung in dieser Richtung stattgefunden hat. Der Einzelne hat die Sorge für sein körperliches Wohlbefinden den Aerzten anvertraut und selbst diese haben wieder einen Theil davon abgegeben an die Organe der Gesundheitspolizei; dem Schulunterricht überlassen wir es, daß unsere Kinder vor giftigen Pflanzen und giftigen Thieren gewarnt werden; über Wind und Wetter, Ueberschwemmungen und Ungeziefer wachen eigens betraute Personen; Andern ist es überantwortet, die Mittel und Wege zu finden, wie die Nahrungsstoffe möglichst reich und sicher hervorgebracht werden; kurz so hat die menschliche Gesellschaft aus ihrem geselligen Zusammenleben den Vortheil gezogen, den überall die Arbeitstheilung mit sich bringt: die höhere Ausbildung und Vollendung in den einzelnen Verrichtungen. Allein jedes Ding hat seine Kehrseite und die besteht in unserem Fall darin, daß der Einzelne glaubt, er sei dadurch jeder Sorge seinerseits enthoben. Dieser Uebelstand hat bereits insofern seinen leiblichen

Ausdruck gefunden, als die Schärfe der Sinne beim civilisirten Menschen weit geringer ist als bei den Naturvölkern, die nicht die Wohlthat eines staatlichen Zusammenlebens genießen, in welchem die persönliche Sicherheit des Einzelnen verbürgt ist.

Ist dies ein Vortheil der civilisirten Menschen? Gewiß nicht. Er ist genöthigt zu umständlichen Manipulationen zu greifen, um diese Einbuße seiner körperlichen Fähigkeit zu ersetzen und nicht einmal dem Einzelnen wird dies möglich, er muß sich meist an einen sogenannten Sachverständigen wenden. Wer ein Beispiel für diese meine Behauptung wünscht, dem rufe ich in's Gedächtniß, wie leicht es einem Hunde gelingt, durch den Geruch die Identität einer Person festzustellen, während wir trotz Chemie und Mikroskop dies nicht zu leisten im Stande sind.

Soll uns der Umstand, daß wir es im Unterscheiden und Erkennen anderer Dinge weiter gebracht haben als ein Hund, über den Verlust solcher Fähigkeiten trösten? Dies wäre ein bedenklicher Verzicht auf die Herrscherwürde, die der Mensch eben einmal beanspruchen muß, wenn er sich und sein Geschlecht erhalten will, und die, welche mit der Ausbildung der Spürkraft des Staatsganzen betraut sind, die Männer der Wissenschaft, die man bildlich die Sinnesorgane desselben nennen könnte, haben darauf nicht verzichtet und werden es nie thun.

Wie steht es aber jetzt mit dem Einzelnen? Ist die von Staatswegen geübte Fürsorge für sein leibliches Wohl eine so ausgedehnte und durchgreifende, daß er sich durch sie in vollständige Sicherheit wiegen lassen darf? Ist die Heilkunde bereits im Besitz so wirksamer Mittel, daß der Einzelne planlos darauf lossündigen kann, in der Erwartung, der Arzt werde ihn schon wieder gesund machen, wenn er sich krank gemacht hat? Schützen uns die Gesetze bereits so wirksam gegen Betrug und Uebervortheilung, daß wir in jedem Fall auf den Ersatz des erlittenen Schadens rechnen dürfen? Ich denke nein. In kleinen patriarchalischen Kreisen, innerhalb deren kein so heftiger Kampf um's Dasein tobt, kann man allerdings die Sorge für alle diese Dinge mit vollkommener Beruhigung eigenen Organen überlassen,

allein ganz anders ist es in den großen Staatskörpern, die viele Millionen von Einzelwesen umfassen. In diesen findet insofern wieder eine Annäherung an den Naturzustand statt, als an die Stelle des Kampfes, den der Naturmensch mit der Natur zu führen gezwungen ist, der Kampf tritt, den der Mensch führt mit dem Menschen. Ist dies etwa ein leichterer Kampf? Ist nicht der Mensch für seinen Mitbruder ein weit gefährlicherer Gegner als das mächtigste Thier und sollten wir da die Waffe gering anschlagen, die in der Vervollkommnung unserer Sinneswerkzeuge liegt? Wer hat sich nicht in seinem Leben schon die Nase eines Hundes oder das Auge eines Falken gewünscht? Ich glaube, die vorliegende Schrift wird in dem Leser die Ueberzeugung geweckt haben, daß dieser Wunsch so ziemlich erfüllt werden kann. Studire Chemie, nimm Fernrohr und Vergrößerungsglas zur Hand und du brauchst kein Thier mehr um seine Fähigkeiten zu beneiden.

Register.

Druck von Gebrüder [illegible] in Berlin.